

Über Explantation und Transplantation embryonaler Amphibienherzen.

VON PH. STÖHR JR., Würzburg.

Es ist bekanntlich zuerst BRAUS und BURROWS gelungen, pulsierende schlauchförmige Herzen von Amphibienherzen aus dem Körper zu isolieren und einige Wochen in der Kultur schlagend am Leben zu erhalten. Weiterhin zeigte EKMAN, daß sogar die noch scheinbar undifferenzierte Herzanlage eines im Stadium der Medullarplatte befindlichen Keimes unter gewissen Bedingungen fähig ist, außerhalb des Organismus einen pulsierenden Herzschlauch mit seinen vier Abschnitten: Sinus, Vorhof, Ventrikel und Bulbus zu entwickeln. Die mit einer Ektodermhülle umschlossene, dem Embryo entnommene Herzanlage bestand nach einigen

gewebsstrang an die durchsichtige Ektodermhülle fixiert ist.

Es sind 4 Stadien der Pulsation so ausgewählt, daß die links gelegene Figur den Höhepunkt der Systole des Sinus und die rechts befindliche Figur den Höhepunkt der Diastole des Sinusgebietes darstellt. Das Herz hatte bei Beginn der Aufnahme eine regelmäßige Pulszahl von 88 Schlägen in der Minute. Bei Temperaturerhöhung kommt eine ganz beträchtliche Erhöhung der Pulsfrequenz zustande, bis zu 100 und 120 Schlägen in der Minute. Das kleine Herz arbeitet dann in der von den stürmischen Bewegungen zitternden

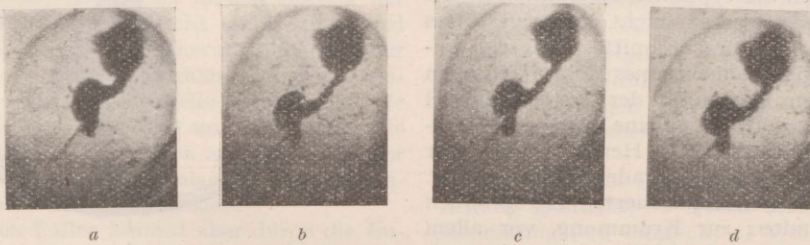


Fig. 1. Kinematographische Aufnahme eines explantierten Amphibienherzens.
a Systole, d Diastole, b und c dazwischenliegende Stadien.
Erstveröffentlichung Bildarchiv Freiburg.

Tagen aus einer glashellen Ektodermkugel, einem pulsierenden Herzen und einem Haufen von Entomesodermzellen, die bei dem Versuch, die Herzanlage zu entfernen, stets mit entnommen werden, da sich ja die Größe der Herzanlage gar nicht feststellen läßt. EKMAN erblickt in seinem Resultat einen von der Einwirkung des übrigen Körpers unabhängigen Entwicklungsvorgang; er schreibt somit der Herzanlage die Potenz zur Selbstdifferenzierung zu. Ich werde hierauf noch zurückkommen.

Ich habe zunächst EKMAN'S Experimente in großem Umfange nachgeprüft und in etwa 70 Fällen bei Unke und Triton eine Herzanlage in Ektodermumhüllung zur Entwicklung gebracht und 2 bis 3 Wochen schlagend erhalten. Fig. 1 zeigt kinematographische Aufnahmen eines solchen 14 Tage lang gezüchteten Unkenherzens. Die oben gelegene, quadratische Masse ist die aus den gleichzeitig mitentfernten Entomesodermzellen gebildete Leber, der daran anschließende, schlauchförmige Herzteil des Sinus, hierauf folgen, gut abgrenzbar, Atrium, Ventrikel und Aortenbulbus, der mit seinem blinden Ende durch einen feinen Binde-

Ektodermblase mit einer geradezu unheimlichen Intensität, ohne daß irgendwelche Ermüdungserscheinungen oder sonstige Störungen festzustellen wären.

Besondere Erwähnung verdient die außerordentliche Regelmäßigkeit in der Reihenfolge der Pulsschläge. Arrhythmien konnte ich bei 70 explantierten Herzen nur in 5 Fällen beobachten, wovon 2 vorübergehender Natur waren. In den anderen 3 Fällen handelte es sich um Überleitungsstörungen, derart, daß jeder Herzabschnitt seinen eigenen Rhythmus einbehielt. Regelmäßigkeit im Rhythmus der Kontraktionen ist zweifellos eine dem Herzen, ja der einzelnen Herzmuskelzelle selbst innewohnende, typische Eigenschaft. Durch die Untersuchungen von CARREL, BURROWS und W. H. LEWIS ist die Frage, ob der Einfluß des Nervensystems zur Pulsation des Herzens notwendig ist oder nicht, endgültig dahin entschieden worden, daß schon ganz allein die einzelne, explantierte Herzzelle imstande ist, regelmäßige Kontraktionen auszuführen. Auch die von mir abgebildeten, embryonalen Herzen sind sicher nervenlos. Es müssen also im vorliegenden Falle

chemische oder thermische Reize direkt auf das Protoplasma der Herzmuskelzellen einwirken, um durch vermehrten oder verringerten Stoffwechsellumsatz eine Steigerung oder Verminderung der Pulszahl zu erzielen. Explantierte Herzen schlagen im allgemeinen langsamer wie die der gleichaltrigen Kontrollarven.

Untersucht man nun die Form der außerhalb des Organismus zur Entwicklung gelangten Herzen, so läßt sich ein allen gemeinsames morphologisches Merkmal kaum feststellen. Nicht einmal das augenscheinlichste morphologische Charakteristikum, die Schlauchform, vermag die isolierte Herzanlage immer zu bilden; denn es kommen „Herzen“ vor, die nur aus einem soliden Zellstrang bestehen. Rhythmische Kontraktionen in demselben ließen aber nicht den geringsten Zweifel aufkommen, daß es sich in der Tat um Herzgewebe gehandelt hat. Die für Amphibienembryonen typische Herzform habe ich niemals erhalten. Es sind immer morphologische Abweichungen von der Norm vorhanden, die nach einem Zuwenig oder Zuviel in der Gestaltung eines Herzabschnittes hinneigen; häufig lassen sich die typischen Krümmungen des Herzrohres schwer oder gar nicht erkennen, öfters fehlen sogar ganze Herzabschnitte. Nur ein einziges, morphologisch gemeinsames Merkmal bringen die explantierten Herzen in der Ektodermkugel stets zustande, nämlich irgendeine Form der Krümmung in dem Herzschlauch, Herzrudiment oder Herzstrang, was sie eben gerade gebildet haben.

Man findet in den explantierten Herzgebilden immer eine Tendenz zur Krümmung, vor allem im Sinusteil, der niemals fehlt, zuerst mit peristaltischen Kontraktionen beginnt und zuletzt mit einem feinen Flimmern aufhört. Ja selbst in ganz minimalen Herzfragmenten ist eine gewisse Krümmungstendenz zu beobachten. Vielfach ist die Ansicht die herrschende, daß die Krümmungen des Herzschlauches normalerweise dadurch zustande kämen, daß das wachsende Herzrohr im Perikardialraum des Embryos nicht genügend Platz hätte, gerade weiter zu wachsen und daher gezwungen sei, sich in Schleifen zu legen. Eine solche rein mechanische Vorstellung ist aber nicht richtig. Bei meinen Kulturen hat das wachsende Herz in der mit Flüssigkeit sich mehr und mehr füllenden Ektodermblase sehr viel Raum zur Verfügung, und es könnte ohne weiteres die Form eines geraden oder nur ganz wenig gebogenen Schlauches annehmen. Dazu sind aber die Herzzellen gar nicht imstande, sie formen immer eine Krümmung, die nach irgendeiner Richtung zeigt, manchmal gerade zu dem Ausgangspunkt des Herzschlauches an der Leber zurück, so daß eine ösenförmige Gestalt zustande kommt.

Aus der atypischen Form und der Krümmungstendenz des gezüchteten embryonalen Herzens läßt sich schließen: Es liegt im Anlagematerial des Herzens selbst die Potenz, eine Krümmung im Bau der Herzform hervorzurufen; um aber eine typische Krümmung zu entwickeln, müssen Faktoren ent-

weder von der unmittelbaren Umgebung des Herzens oder von dem gesamten Organismus aus einwirken. Zur Analyse dieser Faktoren kann man entweder die Umgebung des Herzens operativ verändern, oder man muß die Herzanlage in ortsfremde Umgebung verpflanzen, wie das zum Beispiel bei den Extremitäten schon lange von BRAUS und HARRISON und anderen mit Erfolg ausgeführt worden ist. Ich habe zur Beantwortung der Frage: Wann und durch welche Faktoren wird die Entwicklungsbahn des Herzens festgelegt? gleichfalls die Transplantation gewählt. Ehe ich die damit erzielten Resultate schildere, möchte ich noch auf einige morphologische Vorgänge in der Ektodermblase hinweisen, die für manche Transplantationsergebnisse von erheblicher praktischer und theoretischer Bedeutung sind.

Wie der mikroskopische Schnitt durch eine Ektodermkugel in Fig. 2 zeigt, bleibt während der

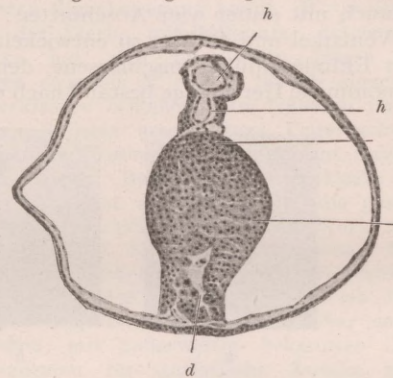


Fig. 2. Mikroskopischer Schnitt durch ein Explantat.
h = Herz, l = Leber und Dotterzellen, d = Darm.

Entwicklungsvorgänge der Herzanlage die Masse der gleichzeitig mitentfernten Entomesodermzellen nicht untätig. Sie liefert nicht nur Nährmaterial für die an Wachstumsenergie alle anderen Gewebe übertreffenden Herzzellen, sie vermag sogar typische Leber- und Pankreaszellen, eine Anlage zur Gallenblase und ein Stück Darm zu entwickeln. Beim Studium der ursprünglich völlig undifferenziert erscheinenden, explantierten Entomesodermmasse ist es erstaunlich, wie fest sogar außerhalb des Organismus determinierende und differenzierende Faktoren ihre Zellgruppen zusammenhalten und bis zu welchem Grade sie deren Gestaltungsarbeit in Gang zu bringen vermögen. Ein chaotisches Durcheinander von Zellen habe ich im Innern der Blase niemals beobachtet. Ein Hauptgrund, daß sich diese Entwicklungsvorgänge mit einer geradezu bewundernswerten Sicherheit abspielen können, ist wohl in der schützenden Hülle des Ektoderms zu erblicken.

Nach Roux gehören zum Gesamtentwicklungsvermögen einer Anlage nicht nur ihr typisches Entwicklungsgeschehen durch Selbstdifferenzierung oder durch abhängige Differenzierung, sondern auch ihre Differenzierungsleistungen in bezug auf

andere Teile. Diese letzteren Differenzierungsleistungen benachbarter Teile aufeinander sind aber in unserem explantierten Organkomplex sicher vorhanden oder wenigstens nicht auszuschließen. Daher ist EKMAN auf Grund einer derartigen Explantationsmethode einstweilen noch nicht berechtigt, von einem Selbstdifferenzierungsvermögen der Herzanlage zu reden. Weiterhin werden wir durch die Transplantation einen wachstumsfördernden Faktor, den Blutstrom, kennenlernen, wodurch die Möglichkeit, daß die Herzanlage sich durch Selbstdifferenzierung entwickeln könne, unter Umständen auf ein Minimum reduziert würde.

Hat man im Stadium der beginnenden Schwanzknospe eine Herzanlage nebst ihren umgebenden Entomesodermzellen einem Embryo an irgendeiner beliebigen Stelle eingepflanzt, so pflegt sich das Implantat meist wie ein Bruchsack aus seiner Umgebung hervorzuwölben. Bei fortschreitender Entwicklung sucht der Organismus sich das Implantat mehr und mehr einzunivellieren; ein bruchsackartiges Hervorstehen desselben kommt in späteren Stadien mit Ausnahme in der Gegend der Schwanzwurzel überhaupt nicht mehr vor. Grad und Schnelligkeit der Einnivellierung hängen sicher zunächst davon ab, wieviel man vorher an Material aus der Implantationsstelle entfernt hat. Je tiefer die Wunde gesetzt wird und je geringer die Masse der eingepflanzten Zellen ist, um so leichter und schneller wird die Herzanlage in die Außenkontur des Wirtstieres einbezogen.

In fast allen Fällen kommt aber durch die Implantation noch folgende bemerkenswerte Erscheinung am Tierkörper zur Beobachtung. Es läßt sich nämlich eine mehr oder weniger bedeutende Asymmetrie an der Larve feststellen, und zwar wird diejenige Seite, auf der die Herzanlage implantiert war, schwächer entwickelt. Diese Asymmetrie macht sich manchmal schon am 6. Tage nach der Operation bemerkbar und kann dann 3—4 Wochen lang, gelegentlich noch länger, sehr deutlich in Erscheinung treten. Bleiben die Tiere noch einige Wochen weiterhin am Leben, etwa bis zum Beginn der Metamorphose, so wird der Unterschied in der Größe beider Körperhälften allmählich größtenteils ausgeglichen. Der Grund zu dieser Asymmetrie liegt mit höchster Wahrscheinlichkeit ganz allein in der implantierten Herzanlage. Der vor der Implantation am Wirtstier gesetzte Zellverlust könnte sehr wohl zu einer Atrophie der betreffenden Seite führen. Das ist aber meist nicht der Fall; denn überläßt man den Embryo ohne weiteren Eingriff seinem Schicksal, so vermag er den erlittenen Verlust auszugleichen, und es entwickelt sich eine normale symmetrische Larve. Implantiert man nur Dotterzellen, hingegen keine Herzanlage, so wird die betreffende Seite sogar hypertrophisch. Implantierte Extremitätenanlagen rufen ferner niemals Asymmetrien des Gesamtorganismus hervor. Es muß also in der implantierten Herzanlage etwas sein, das diese Asymmetrie herbeiführt.

Schon im Explantat hat sich gezeigt, daß das wachsende Herz sich auf Kosten seiner Umgebung vergrößert und diese Umgebung, Dotterzellen und Leber, rücksichtslos bis zuletzt ausnützt. Sobald einmal das embryonale Herzgewebe begonnen hat, rhythmische Kontraktionen auszuführen, benötigt es für seine Bewegungen einen freien Spielraum; es drängt seine Umgebung ohne weiteres beiseite und verhindert jedwede Regeneration seiner Nachbarschaft. Die einzelnen Gewebe sind im Kampfe ums Dasein einander sicherlich nicht gleichwertig, und zweifellos ist das Herz schon allein durch seine ihm innewohnende mechanische Tätigkeit allen anderen an Kampfkraft überlegen.

Das Herz behält selten seine Lage an der lateralen Bauchseite bei, wo es gewöhnlich eingepflanzt wurde, sondern es wird mit zunehmendem Alter des Tieres allmählich nach der Medianebene hin verlagert. Ein Bestreben des Organismus, seine verlorene Symmetrie wiederherzustellen, wird hierdurch deutlich erkennbar. Larven mit implantiertem Herzen, also mit 2 Herzen, bleiben anfänglich in der Gesamtentwicklung hinter gleichaltrigen Kontrolltieren zurück, doch kann die Differenz in einigen Wochen wieder völlig ausgeglichen werden. Die Ursache der geringeren Wachstumsgeschwindigkeit kann in Mißbildungen bei der Darmentwicklung, in Veränderungen des gesamten Blutkreislaufes oder in noch unbekanntem Vorgängen gelegen sein.

Hat man eine implantierte Herzanlage zur Anheilung gebracht, so treten sofort 3 Fragen von Bedeutung auf, nämlich: 1. Wie verhält sich die Pulszahl des implantierten Herzens zu der des Wirtstierherzens? 2. Gewinnt das implantierte Herz Anschluß an den allgemeinen Blutkreislauf? 3. Welchen Einfluß hat in letzterem Falle das implantierte Herz auf den Kreislauf?

Die erste Frage ist am leichtesten zu beantworten: Es ist niemals eine gleiche Pulszahl oder gar ein Synchronismus in der Tätigkeit beider Herzen auf längere Zeit zu beobachten. Jedes Herz behält unter allen Umständen seinen ganz bestimmten Eigenrhythmus bei, kümmerst sich also nicht im mindesten darum, was das andere tut. Ein gemeinsamer Punkt geht jedoch aus dem Studium der Pulszahlentabellen hervor: Bei steigender Pulszahl des Wirtsherzens nimmt auch diejenige des implantierten Herzens in gleichem Maße zu und verringert sich wieder beim Sinken der Pulszahl des Wirtsherzens in demselben Verhältnis. Diese ausnahmslose Regel ist sehr leicht bei Erwärmung oder Abkühlung des Wassers zu beobachten. Zur Prüfung der Frage, ob der Organismus über Mittel verfügt, die Pulszahlen zweier Herzen einander anzugleichen, habe ich Herzanlagen von älteren Embryonen auf jüngere Stadien verpflanzt. Somit war zu erwarten, daß das Implantat seine Kontraktionen eher begann wie das Wirtsherz, es mußte also anfänglich eine viel höhere Differenz zwischen den Pulszahlen beider Herzen vorhanden sein wie bei Verwendung gleichaltrigen Materials.

In der Tat begann die implantierte ältere Herzanlage zuerst zu schlagen und war in der Pulsfrequenz dem Wirtsherzen immer voraus. Späterhin wurde jedoch eine größere Differenz der Pulszahlen nicht erzielt, es war das gleiche Verhältnis der Pulszahlen zueinander wie bei der Implantation gleichaltriger Herzanlagen zu beobachten. Die anfänglich höhere Pulszahl des implantierten Herzens wird vom Wirtsherzen sehr rasch annähernd erreicht, manchmal sogar übertroffen. Irgendetwas ist zweifellos vorhanden, was auf den Puls beider Herzen in gleicher Weise einwirkt. Was das aber ist, ob Nervensystem, innere Sekretion, gleichzeitige Steigerung oder Verminderung des Stoffwechsels im Herzgewebe selbst, fortgeleitete Blutwelle, wenn beide Herzen durch große Gefäße miteinander verbunden sind, läßt sich zunächst nicht mit Sicherheit angeben. Neuerdings hat L. ASHER beim Frosch einen regulatorischen Einfluß der Leber auf die Herzstätigkeit festgestellt. Das wäre auch in unserem Falle wohl möglich, da beide Herzen mit Lebergewebe verbunden sind, unter Umständen mit der gleichen Leber, wenn implantierte und Wirtsleber zusammengewachsen sind.

Für einen Anschluß des implantierten Herzens an den allgemeinen Kreislauf bestehen 3 Möglichkeiten, wenigstens in der Hauptsache: 1. Das Herz ist in den Kreislauf „gleicharbeitend“ hineinorientiert, d. h. es würde den Blutstrom in die gleiche Richtung wie das Wirtsherz treiben. 2. Das Herz ist in den Kreislauf „gegenarbeitend“ orientiert; Konflikte in der Blutbewegung sind hier mit Sicherheit zu erwarten. Voraussetzung für diese beiden Fälle ist eine doppelte Verbindung des implantierten Herzens, sowohl am arteriellen wie am venösen Teil mit dem allgemeinen Kreislauf. 3. Das Herz ist nur an einem Ende mit dem Gefäßsystem des Wirtstieres verbunden, in den Kreislauf also wie ein Appendix eingeschaltet. Überdies wäre möglich, daß das implantierte Herz überhaupt keinen Anschluß findet und ein eigenes, geschlossenes Gefäßsystem für sich ausbildet. Da beide Herzen stets eine verschiedene Pulszahl zeigen, so müssen im Falle eines Anschlusses die in direkter Nähe des Implantates befindlichen Gefäße einen anderen Puls aufweisen wie die übrigen Blutgefäße. Dies läßt sich besonders schön an den hinteren Segmentarterien und bei Transplantation des Herzens auf den Kopf an den Kiemengefäßen der gleichen Seite feststellen. Damit ist ein Anschluß des Implantates an den Körperkreislauf sicher erwiesen, was sich durch die histologische Untersuchung auch bestätigen läßt.

Wenn 2 Motoren in einem einzigen Kreislaufsystem nicht ganz exakt miteinander oder sogar gegeneinander arbeiten, so kommt es unfehlbar zu Störungen in den Betriebs- und Gestaltungsfunktionen. Meistens werden Unstimmigkeiten in der Blutzirkulation glänzend behoben; das Tier entwickelt sich mit seinen beiden schlagenden Herzen wie ein normales, das vorhin erwähnte anfängliche

Zurückbleiben im Wachstum abgerechnet. Das, was das embryonale Herz zu seiner Entwicklung dringend benötigt, ist das Blut, ja dessen Vorhandensein ist wahrscheinlich für die Form, sicher für die Größe des wachsenden Herzens von außerordentlicher Bedeutung. Bei jeder Diastole entnimmt ein implantiertes Herz dem Körperkreislauf eine ganz beträchtliche Menge Blut, färbt sich hierbei dunkelrot, um es bei der Systole dann wieder weiter zu pumpen. Wenn bei weiterem Wachstum der Larven die schlagenden, implantierten Herzen kleiner und kleiner werden und schließlich ihre Pulsation ganz einstellen, so war eine Hauptursache hierzu sicher ein fehlender oder ungenügender Blutstrom, mit welchem das Herz sich in seine Größe hätte hineinarbeiten können. Eines scheint mir sicher zu sein: 2 Herzen in einem einzigen Organismus treten sich bald als Feinde gegenüber, um den Kampf um den Blutstrom zu beginnen. Gelingt es beiden, eine genügende Blutmenge zu erhalten, so besteht für ihre Existenz keine Gefahr, sie entwickeln sich im gleichen Tempo weiter. In den meisten Fällen erhält infolge der günstigeren Bedingungen das Wirtsherz das Übergewicht über das Implantat, womit dessen Weiterentwicklung dann Einhalt geboten wird. Es erhält immer weniger Blut zur Fortbewegung und obliert schließlich.

Gelegentlich kann sich aber auch das Implantat als das stärkere erweisen. Es schwillt mächtig an, arbeitet mit bedeutender Kraft und übertrifft bald an Größe das infolge der geringeren Blutmenge immer heller und durchsichtiger werdende Wirtsherz. Mit diesem Vorgang ist aber noch eine zweite Erscheinung verbunden. Normalerweise wird im Perikard vor dem Herzen ein dichter Pigmentwall ausgebildet (Fig. 3 b). Wenn das Herz nun keine genügende Blutmenge erhält, ist es nicht imstande, eine derartige Masse von Pigmentzellen um sich zu legen, sondern es wird durch die nur spärlichen, regellos verstreuten Zellen hindurch leicht sichtbar. Hingegen ist das implantierte Herz von einem dunklen, im Perikard befindlichen Pigmentzellenhäufchen überzogen, der die rote Blutfarbe kaum mehr hervorschemmern läßt (Fig. 3 a). Erhält jedoch im Laufe weiterer Wochen das Wirtsherz wieder mehr Blut zugeführt, so umgibt es sich, ebenso wie das implantierte Herz, mit Pigment. Dies weist darauf hin, daß das Blut vielleicht einen pigmentbildenden Faktor darstellt. Damit würde übereinstimmen, daß im Perikard explantierter Herzen niemals Pigmentzellen auftreten, da ja niemals strömendes Blut in den Explantaten vorhanden war.

Im übrigen unterscheiden sich etwa vom Beginn der zweiten Woche an die operierten Tiere von den gleichaltrigen Kontrollarven durch ein deutliches Hellerbleiben. Dieses hellere Aussehen ist zum Teil durch eine geringere Entwicklung der Pigmentzellenzahl bedingt, was sich besonders schön am Schwanz der Larven studieren läßt. Aber auch die gesamte Pigmentzeichnung macht bei den operierten Tieren einen mehr ungeordneten Eindruck, wie man leicht aus Fig. 3 a, vor allem

am Kopf beobachten kann. Da aber bei der in Fig. 3a dargestellten Larve eine gute Blutzirkulation in den Kopfgefäßen vorhanden war, so muß doch noch ein anderer, bis jetzt unbekannter Faktor an der Veränderung der Pigmentierung

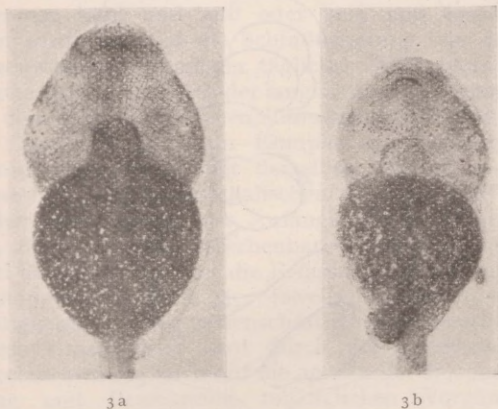


Fig. 3a. Vier Wochen alte Unkenlarve mit implantiertem Herzen am Schwanzmuskel.
Fig. 3b. Normale Kontrolllarve.
Erstveröffentlichung im Bildarchiv Freiburg.

schuld sein als ein fehlender oder verringerter Blutstrom. So wäre z. B. an eine chemische Veränderung des Blutes zu denken.

Die Region, wo wir implantieren, ist für die Entwicklung der Herzanlage scheinbar gleichgültig. Wir erhalten immer ein pulsierendes Herz unter gleichzeitiger Verdrängung des gesamten umgebenden Gewebes. Die weitaus größten Veränderungen in der Umgebung ruft eine Transplantation auf den Kopf hervor.

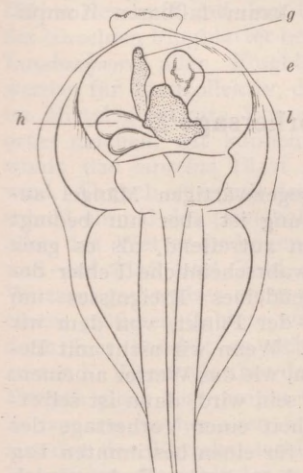


Fig. 4. Drei Wochen alte Unkenlarve (Rückansicht) mit auf den Kopf implantierter Herzanlage. *h* = Herz, *g* = Gallenblase, *l* = Leber, *e* = Ektodermcyste mit Blutgefäßen.

Man findet hierbei das pulsierende Herz in einer großen, glashellen Ektodermblase nebst der entwickelten Leber und der grünlich schimmernden Gallenblase wie bei unserer Explantationsmethode vor. Manchmal sind große Teile des Gehirns und Kopfskeletts, unter Umständen auch beide Augen nicht vorhanden. Beiliegende Fig. 4 gibt die Umrißzeichnung einer solchen vom Rücken gesehenen Larve wieder. Solche Tiere lassen das pulsierende Herz, das strömende Blut

in den Lebercapillaren, den Anschluß an die Kiemengefäße ausgezeichnet erkennen, sind aber sehr aufgeregt, wenn man sie leicht berührt. Es ist aber sicher nicht gleichgültig, in welcher Orientierung zu den Ebenen des Wirtstieres man die Herzanlage einpflanzt. Hierzu erwähne ich nur ein Experiment. Entnimmt man einem Embryo die Herzanlage, dreht sie um 180° und pflanzt sie so gedreht wieder an der gleichen Stelle ein, daß der sich entwickelnde arterielle Teil an die Leber, der venöse kopfwärts gelagert sein würde, so heilt zwar das Implantat zunächst gut an. In allen Fällen, wo ich diese Operation angewendet habe, entwickelt sich jedoch kein pulsierendes Herz, die Tiere gehen schon nach wenigen Tagen an Ödem zugrunde. Es müssen also in diesem Falle der Entwicklung der Herzanlage sich in der Umgebung befindliche Faktoren entgegenstellen, wohl die gleichen Faktoren, die normalerweise vielleicht einen determinierenden und differenzierenden Einfluß auf die Herzanlage ausüben.

Untersuchen wir nun die Form der transplantierten Herzen, so gelangen wir fast zum gleichen Resultat wie bei der Explantation: Wir finden niemals eine typische Form, häufig fehlen ein oder mehrere Abschnitte. Der Ventrikel ist schon in sehr frühen Stadien an der Dicke seiner Wand, später an dem entstehenden Trabekelgerüst zu erkennen und scheint sich gänzlich unabhängig von den anderen Abschnitten entwickeln zu können. Diese Unabhängigkeit in der Entwicklung hat auch für die anderen Abschnitte, sogar für das klappenbildende Gewebe Geltung und läßt an einen mosaikartigen Aufbau der Herzanlage denken.

Verpflanzt man eine Extremitätenanlage in ortsfremde Umgebung, so entwickelt sich hieraus eine typische Extremität. Verpflanzt man eine Herzanlage, so erhält man aber niemals ein typisches Herz. Daraus läßt sich schließen, daß an der Entwicklung des Herzens neben den in der Anlage bereits vorhandenen Faktoren noch weitere Außenfaktoren wirksam sein müssen. Einen haben wir bereits kennengelernt, den Blutstrom. Das Vorhandensein von in der Umgebung befindlicher Faktoren ist durch die Drehungsexperimente wahrscheinlich gemacht. Doch werden weitere Versuche gerade hier noch Klarheit zu schaffen haben.

Auf einen rein zufälligen Befund, der jedoch die stete Begleiterscheinung meiner Herztransplantationen bildete, möchte ich hier noch hinweisen, nämlich auf die Veränderung des Darmsitus. Diese kommt nicht etwa dadurch zustande, daß das kräftig schlagende Herz die verhältnismäßig leicht beweglichen Darmschlingen nach der anderen Körperseite hinüberdrückt, sondern die Dinge liegen wesentlich komplizierter. Um die Herzanlage gut implantieren zu können, wird dem Embryo vorher an der Stelle, wo er sein zweites Herz erhalten soll, von seinen Dotterzellen, also seinen präsumptiven Darmzellen, eine ganze Menge hinweggenommen. Doch wird gleichzeitig mit der

implantierten Herzanlage wieder eine Masse Entomesodermzellen, also ebenfalls darmbildendes Material, wieder eingeführt. Es bestehen somit für die Darmentwicklung 3 Möglichkeiten: 1. Der Organismus verwendet das implantierte Dottermaterial, wie wenn es sein eigenes wäre, und bildet zusammen mit seinem Restmaterial einen einheitlichen, normalen Darm. 2. Der Organismus bildet mit seinem Dottermaterial einen eigenen Darm, das gleiche tut die implantierte Zellmasse, deren Darmstück an einem oder an beiden Enden blind sein müßte. 3. Implantat und Eigenmaterial bilden gemeinsam einen einheitlichen Darm.

Da wir aus den Untersuchungen SPEMANN'S wissen, daß jedem Darmstück bei seiner Entwicklung eine Tendenz zu einer ganz bestimmten Eigenkrümmung zukommt, so ist eine mehr oder weniger starke Veränderung des Darmsitus in diesem Falle mit Sicherheit zu erwarten. Wie Fig. 5 zeigt, kommt die dritte Möglichkeit, die des Kompromisses, zur Anwendung. Implantat und Wirtstier bilden gemeinsam miteinander ein einheitliches, durchgängiges Darmrohr, es kann sogar zu Anastomosen zwischen Darmschlingen kommen. Hierbei ist jedoch nicht mehr zu bestimmen, welcher Darmteil aus dem Material des Wirtstieres und welcher aus Implantatzellen geformt wurde. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist wohl der mit dem implantierten Herzen verbundene Darm gleichfalls aus implantiertem Material entstanden. Wie sehr die Eigenkrümmung den einzelnen Darmschlingen innewohnt, kann man noch an der begonnenen Spiralenbildung an der rechten unteren Bauchseite des Wirtstieres erkennen, die wahrscheinlich aus dessen Eigenmaterial gebildet wurde. Die mikroskopische Untersuchung bestätigt diesen unter der binokularen Lupe, gemachten Befund beim Studium jüngerer Stadien aufs Schönste, besonders am Kopf, wo wir zur Bildung der Mundhöhle manchmal typisches Darmepithel verwendet sehen.

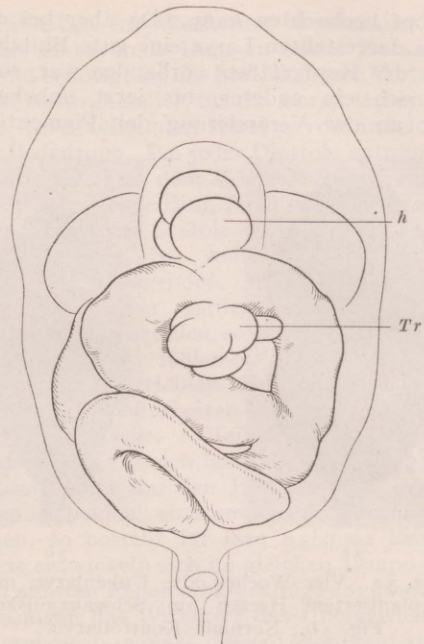


Fig. 5. Sechswochen alte Unkenlarve mit implantiertem Herzen und verändertem Darmsitus (Bauchansicht).
h = Wirtsherz, Tr = transplantiertes Herz.

Wie der Organismus es ferner fertig bekommt, die hinteren Partien des Schädels, trotzdem das im Kopf befindliche Herz seine gesamte Umgebung beseitigt hat, doch noch weiter zu entwickeln, als wäre nichts geschehen, wie das seitlich eingepflanzte Herz wohl durch Zug der Darmschlingen doch noch nach der Mitte hin verlagert wird, das sind alles Regulationsvorgänge von einer unendlichen, kaum faßbaren Kompliziertheit.

Der gegenwärtige Stand der langfristigen Wettervorhersage¹⁾.

VON FRANZ BAUR, St. Blasien.

Die große Bedeutung der langfristigen Wettervorhersage für viele andere Wissensgebiete, ganz besonders aber für die gesamte Volkswirtschaft ist so allgemein anerkannt, daß es sich erübrigt, darüber noch weitere Worte zu verlieren. Die große Frage ist jedoch, ob es nicht überhaupt verfrüht ist, an die Lösung dieser wichtigen Aufgabe heranzutreten, heute, wo wir noch nicht einmal für einen Tag das Wetter mit Bestimmtheit voraussagen können. Tatsächlich gibt es wohl auch heute noch einige Fachgenossen, die der Meinung sind, daß an eine brauchbare langfristige Wettervorhersage nicht zu denken ist, solange der täglichen Wetter-

vorhersage noch die gegenwärtigen Mängel anhaften. Diese Anschauung ist aber nur bedingt richtig. Sie ist insofern zutreffend, als es ganz natürlich ist, daß der wahrscheinliche Fehler der Vorherbestimmung irgendeines Ereignisses um so kleiner ist, je näher der Punkt, von dem wir ausgehen, dem Ziele ist. Wenn wir nicht mit Bestimmtheit sagen können, wie das Wetter an einem gegebenen Orte morgen sein wird, dann ist selbstverständlich die Sicherheit einer Vorhersage des Wetters an diesem Orte für einen bestimmten Tag der nächsten Woche noch geringer. Es kann sich daher bei der langfristigen Wettervorhersage nicht um eine Voraussage für jeden Tag eines größeren Zeitraumes handeln. Derartige Prognosen müssen wir jenen gewissenlosen Kalendermachern überlassen, die unbekümmert um das Eintreffen ihrer

¹⁾ Gekürzte Wiedergabe eines auf Veranlassung der „Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft“ im Februar 1924 auf der „Großen Landwirtschaftswoche“ in Berlin gehaltenen Vortrages.

Vorhersagen nur die Ausnützung der Kritiklosigkeit weiter Volkskreise zur eigenen Bereicherung im Auge haben. Sehen wir aber die *Aufgabestellung* der langfristigen Wettervorhersage darin, zu bestimmen, wie der *Witterungscharakter* eines längeren Zeitraumes sein wird, ob z. B. der nächste Sommer kühl und naß oder heiß und trocken sein wird, dann ist die Schlußfolgerung von dem gegenwärtigen Stand der täglichen Wettervoraussage auf die Aussichten der langfristigen Vorhersage in dem oben angegebenen Sinne nicht mehr richtig.

Das Wetter ist ein Komplex von zahllosen Einzelvorgängen. Jeder derselben verläuft nach ganz bestimmten physikalischen Gesetzen und ist daher auch, soweit der Anfangszustand bekannt ist, für sich allein berechenbar. Aber bei einem Teil der Vorgänge liegt die Erfassung des Anfangszustandes unterhalb der jeweils erreichten Genauigkeitsstufe der wissenschaftlichen Erkenntnis. Diese Unsicherheit wird durch die gegenseitige Wechselwirkung auch auf die an sich der Beobachtung und Berechnung zugänglichen Vorgänge übertragen, so daß sich für das überaus mannigfaltige Endergebnis aller Vorgänge, das einzelne „Individuum“, das Wetter eines ganz bestimmten Tages und bestimmten Ortes, nur Regeln, aber nicht Gesetze aufstellen lassen. Wir haben es bei den Witterungserscheinungen mit demselben Gegensatz zwischen Kollektiv und Einzelindividuum zu tun wie in anderen Zweigen der Naturwissenschaften, insbesondere auf dem Gebiete der Biologie. Die Bedeutung dieses Gegensatzes für die Möglichkeit der Vorhersage eines Naturvorganges hat A. SCHMAUSS durch ein anschauliches Beispiel gekennzeichnet. Denken wir uns einen Flieger, der ein Bündel Flugblätter abwirft. Wir können alsdann aus der Geschwindigkeit und Höhe des Flugzeuges, aus der Windgeschwindigkeit, der Dichte der Luft und dem Gewicht und der Größe der einzelnen Flugblätter berechnen, wo der *mittlere Landungsort* aller Flugblätter sein wird, wir werden für das Kollektiv, d. h. für alle Flugblätter im Mittel eine gute Voraussage ihres Landungsortes machen, wir können aber *nicht* berechnen, wohin das *einzelne* Blatt „zufällig“ hingetrieben wird. Ähnlich ist es mit dem Wetter: Wir werden, sobald einmal das physikalische Ineinandergreifen aller das Wetter bedingenden Vorgänge bekannt und auf Maß und Zahl zurückgeführt ist, den *Witterungscharakter* eines größeren Zeitraumes in einem größeren Gebiete vorausberechnen können; denn hier handelt es sich um einen Kollektivzustand. Wenn wir aber das Wetter für den engen Bereich eines bestimmten Ortes und einer kurzen Zeitspanne vorhersagen wollen, so ergeben sich aus den den Einzelzustand beeinflussenden feinen Vorgängen, die unter der augenblicklichen Genauigkeitsstufe der Erkenntnis liegen, mit Notwendigkeit manche Fehlprognosen. Die Genauigkeitsstufe verbessert sich natürlich mit der Zeit, sie wird aber wohl niemals absolute Vollendung erreichen.

Diese Gedankengänge über die *Möglichkeit* einer langfristigen Wettervorhersage führen zugleich zu der Erkenntnis, daß nicht die Untersuchung kleiner und kleinster Einzelerscheinungen zum Ziele führen kann, sondern daß die *Erforschung der gesamten atmosphärischen Zirkulation und ihrer Störungen die notwendige Grundlage einer aussichtsreichen Witterungsvorhersage für längere Zeiträume* ist. Wir wissen heute, daß durch die verschiedenartige Bestrahlung des Äquators und der beiden polaren Zonen der Erde durch die Sonne (infolge der schrägen Stellung der Erdoberfläche zur Ebene der Erdbahn) eine Zirkulation der Luft hervorgerufen wird, derart, daß die kalte Luft der Pole an der Erdoberfläche gegen den Äquator, die am Äquator aufsteigende warme Luft aber in den höheren Schichten der Atmosphäre polwärts strebt. Der Luftaustausch zwischen Pol und Äquator ist aber kein geschlossener Kreislauf, sondern wird durch die Erdumdrehung verändert. Durch diese werden die Luftströmungen abgelenkt, so daß die vom Äquator gegen die Pole abfließende Luft, der *Antipassat*, in einer geographischen Breite von 20–40° auf beiden Halbkugeln in eine westöstliche Strömung übergeht, daher sich staut und die bekannten subtropischen „Hochdruckgürtel“ verursacht. In diesen steigt die Luft ab und fließt dann als *Passat* längs der Erdoberfläche wieder zum Äquator zurück. Ein geschlossenes Zirkulationssystem besteht also nur zwischen den Hochdruckgürteln und dem Äquator. *In den gemäßigten Breiten* treten an Stelle der fortdauernden (kontinuierlichen) Strömungen, wie es die Passate und Antipassate sind, *unterbrochene* (diskontinuierliche) *Austauschvorgänge* zwischen der warmen vom Hochdruckgürtel kommenden Strömung und der vom Pole aus vorstoßenden kalten Luft. Diese grenzt sich dabei gegen die warme Luft im allgemeinen in einer scharfen Unstetigkeitsfläche ab, welche die Erdoberfläche in einer Linie schneidet, für die der Norweger V. BJERKNES die treffende Bezeichnung „*Polarfront*“ geprägt hat.

Die Erforschung der höheren Luftschichten hat ergeben, daß die Wärme der unteren Luftschichten nahe dem Äquator durch die Kälte der hohen Schichten ausgeglichen wird, umgekehrt sind über den kalten Polen die hohen Luftschichten verhältnismäßig warm. In einer Reihe von Arbeiten hat der jetzige Direktor des Preußischen Meteorologischen Instituts, H. v. FICKER, und später A. SCHMAUSS nachgewiesen, daß der kalte Luftring um die Äquatorebene für die hohen Luftschichten ebenso ein Ausgangsgebiet von Kältevorstößen (mit entsprechenden Druckanstiegen) in die gemäßigten Breiten ist, wie dies für die unteren Luftschichten die Anhäufung kalter Luft am Pol ist. Daher gibt es auch in den oberen Luftschichten, wie ich in einer neueren Arbeit¹⁾ gezeigt habe, eine Trennungsfläche zwischen kalter und warmer Luft. Der Polarfront am Erdboden entspricht die *Äqua-*

¹⁾ F. BAUR, Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 12, 284, 1923.

torialfront in der Höhe. Die Vorstöße — oder wie man auch sagen kann, „das Austropfen“ — aus der Polarfront und aus der Äquatorialfront erfolgen häufig *rhythmisch*, ähnlich wie z. B. in dem Abtropfen von Wasser aus einem nicht ganz verschlossenen Hahn ein Rhythmus zu beobachten ist. Der regelmäßige Wechsel kalter und warmer Luftströmungen hat natürlich periodische Schwankungen des Luftdruckes zur Folge. Es handelt sich aber nicht um eine einzige Periode, sondern das System der Polarfront, d. h. des an diese grenzenden und auf der Erde aufliegenden Kaltluftkörpers, ist offenbar mehrerer und zwar wieder anderer Schwingungen fähig als das System der Äquatorialfront, das seinerseits auch wieder mehrere Schwingungen ausführen kann. Diese kurzen periodischen Luftdruckschwankungen hat der italienische Geophysiker FRANCESCO VERCELLI eingehender untersucht. Er gelangte dazu, durch die Zergliederung einer gegebenen Luftdruckkurve eines bestimmten Ortes in ihre einzelnen periodischen Wellenzüge und durch Extrapolation dieser Wellenzüge über den letzten Beobachtungstag hinaus den zukünftigen Verlauf der Barometerkurve an diesem Orte bestimmen zu können. Auf diese Weise wird von der Wetterdienststelle des geophysikalischen Instituts zu Triest die voraussichtliche Druckkurve auf eine Woche im voraus ermittelt und veröffentlicht. Durch Anwendung des gleichen Verfahrens auf die einzelnen Druckkurven einer angemessenen Zahl von geeignet ausgewählten Stationen ist es auch möglich, *das allgemeine Schema der zukünftigen Luftdruckveränderungen für ein größeres Gebiet auf mehrere Tage im voraus* zu entwerfen. Bei dem bekannten engen Zusammenhang zwischen Luftdruckverteilung und Wetter ist dieses Forschungsergebnis VERCELLIS zweifellos von Bedeutung für die langfristige Wettervorhersage im engeren Sinne (worunter ich die Wettervorhersage für ein bis zwei Wochen im Gegensatz zur *Witterungsvorhersage* für Monate, Jahreszeiten und Jahre verstehe).

Die praktische Anwendungsmöglichkeit der Vercellischen Methode wird aber durch die Tatsache herabgemindert, daß offenbar infolge von Störungen der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation im großen die kurzen Luftdruckperioden zuweilen mehr oder minder plötzlich abbrechen oder auf einen ganz anderen Wert umspringen. So werden wir immer wieder, wenn wir uns mit dem Problem der langfristigen Wettervorhersage beschäftigen, auf die Notwendigkeit hingewiesen, jene *großen Störungen* in ihrem Entstehen und in ihrer Wirkung zu erfassen. Die großen Störungen der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation bestehen darin, daß die erwähnten Hochdruckgürtel nicht nur im Laufe der Jahreszeiten sich verlagern, sondern auch von Jahr zu Jahr eine verschiedene Lage und wechselnde Intensität aufweisen, daß die großen, beständigen Luftströmungen, die Passate und Antipassate und die alljährlich in bestimmter Jahreszeit wiederkehrenden Monsun-

winde, in ihrer Stärke, letztere auch im Zeitpunkt ihres Einsetzens, erheblichen Schwankungen unterworfen sind, daß ferner die beiden Polarfronten und Äquatorialfronten außer den bereits besprochenen verhältnismäßig kleinen Vorstößen sich in *breiter* Ausdehnung äquatorwärts oder polwärts verschieben. Dadurch werden die in der gemäßigten Zone an sich anomalen, aber gerade darum für die Landwirtschaft und Wasserwirtschaft hochwichtigen konstanten Wetterlagen wie wochenlange Trockenheit, Kälteperioden, Regenperioden usw. verursacht, die den Rhythmus des normalen Wetterwechsels unterbrechen.

Die ersten Versuche, Beziehungen zwischen den großen Störungen der atmosphärischen Zirkulation und *zeitlich folgenden* Witterungsanomalien einzelner Gebiete festzustellen, reichen etwa ein Vierteljahrhundert weit zurück. Eine der am frühesten erkannten Beziehungen war der von MEINARDUS aufgedeckte Zusammenhang zwischen der Stärke der atmosphärischen Zirkulation über dem Golfstrom (ausgedrückt durch das dort herrschende süd-nördliche Luftdruckgefälle) in den Monaten September bis Januar und der Temperatur Mitteleuropas in den darauffolgenden Monaten März und April. Seitdem sind viele Korrelationen zwischen zeitlich sich folgenden Zuständen entfernter Stellen der Erdatmosphäre gefunden worden. Es seien davon hier nur die wichtigsten erwähnt. Der holländische Meteorologe GALLÉ stellte fest, daß in 87% der Fälle die Abweichung der Wintertemperatur Ostdeutschlands von der normalen mit der Abweichung der Stärke des Nordostpassats im Atlantischen Ozean im vorangegangenen Sommer übereinstimmt. ELIOT fand bemerkenswerte Beziehungen zwischen dem Luftdruck über dem südlichen Indischen Ozean sowie über Argentinien im März bis Mai und der Stärke des indischen Monsunregens im Sommer, OKADA¹⁾ endlich fand in jüngster Zeit eine enge Beziehung zwischen der Augusttemperatur in Nordjapan und dem Luftdruck in Südamerika in den vorangegangenen Monaten März bis Mai. Diese letztere Entdeckung ist für Japan von großer Wichtigkeit, da gerade die Augusttemperatur für den Ausfall der Reisernte in Nordjapan und damit für die gesamte japanische Volksernährung von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Wir sehen also, daß sich tatsächlich Beziehungen der Witterungsvorgänge an einer Erdstelle mit später folgenden an einer anderen Stelle auffinden lassen und daß sich daraus in einigen Fällen praktisch bedeutungsvolle Voraussagen des allgemeinen Witterungscharakters bestimmter Monate oder Jahreszeiten ableiten lassen. Aber alle bisherigen Untersuchungen dieser Art lieferten eben doch nur *Einzel*ergebnisse, die nur für gewisse Gebiete und Zeiten gelten und die untereinander nur wenig oder gar nicht in Verbindung stehen. Auch sie kleben immer noch an Teilvorgängen

¹⁾ Vgl. auch K. KNOCH, Die Naturwissenschaften 46, 993. 1922.

statt die gesamte atmosphärische Zirkulation als Ganzes ins Auge zu fassen. Freilich erfordert die Erforschung der Veränderungen des Luftkreislaufes auf der ganzen Erde und ihrer Auswirkungen eine Arbeit, die die Grenzen der Leistungsfähigkeit, die dem einzelnen gezogen sind, bei weitem übersteigt. Voraussichtlich müßte dabei das ganze meteorologische Beobachtungsmaterial, das auf die von den Menschen geschaffene Zeiteinteilung abgestellt ist, erst umgearbeitet werden; denn die Natur kehrt sich natürlich nicht an die Monate, wie sie die Menschen festgesetzt haben.

Auf einem anderen Wege habe ich den Versuch gemacht, zu dem Verständnis des Wesens der großen Witterungsänderungen vorzudringen, indem ich untersuchte, ob nicht den Unterschieden der Witterungserscheinungen von Jahr zu Jahr gesetzmäßige, periodische Schwankungen zugrunde liegen. Dieser Gedanke ist an sich nicht neu. Im vorigen Jahrhundert wurde eine Unzahl von Untersuchungen über Witterungsperioden angestellt. Sie sind aber fast alle auf falschen oder doch mindestens viel zu groben Methoden aufgebaut, so daß den Ergebnissen zumeist keine Bedeutung zukommt. Das geht schon daraus hervor, daß eine Zusammenstellung aller angeblich „bewiesenen“ Perioden ein Nebeneinanderbestehen von 3-, 4-, 5-, 6-, 7-, 8-, 9-, 10-, 11-, 12-, 15-, 17-, 18jährigen und noch vielen anderen mehrjährigen Perioden liefert. Ich habe meinen Untersuchungen über mehrjährige periodische Schwankungen der Witterung eine bisher in der Meteorologie noch nicht verwendete, von dem englischen Astronomen A. SCHUSTER entwickelte Methode, die sog. *Periodogramm-Analysis*, zugrunde gelegt. Zwar entbehrt auch dieses Verfahren, solange man es nur auf das Beobachtungsmaterial einzelner Gebiete und relativ kurzer Zeiträume beschränkt, der strengen Beweiskraft. Doch läßt die Ausdehnung dieser Untersuchungsart auf die zeitlichen Schwankungen der meteorologischen Elemente an verschiedenen geeignet ausgewählten Orten der Erdoberfläche und in verschiedenen Zeiträumen und die Beachtung des dabei auftretenden Verhaltens der Phasen Schlüsse auf die Echtheit der gefundenen Perioden zu. Aus einer größeren, soeben abgeschlossenen Arbeit über „Witterungs-

perioden“, die voraussichtlich noch in diesem Jahre in einem 3. Hefte der „Mitteilungen der Wetter- und Sonnenwarte St. Blasien“ veröffentlicht werden wird, ergibt sich, daß einige Perioden sich über die ganze Erde verfolgen lassen, und zwar nicht nur in einem zufällig gerade herausgegriffenen Zeitraum, sondern auch in verschiedenen Zeiträumen, so daß wohl kaum mehr daran zu zweifeln ist, daß die großen Witterungsänderungen mindestens teilweise durch periodische Schwankungen bedingt sind. Die mehrjährigen periodischen Schwankungen der Wetterelemente sind natürlich ganz anderer Art als die kurzperiodischen Wellenbewegungen an der Polar- und Äquatorialfront. Diese sind wahrscheinlich freie Wellen, die durch irgendwelche Impulse hervorgerufen werden und deren Schwingungsdauer mit den physikalischen Konstanten des Polarluftsystems und des Äquatorialsystems zusammenhängen. Vieljährige Perioden aber können nur erzwungene, d. h. letzten Endes auf die Einwirkung *dauernder äußerer Kräfte* zurückzuführende Schwankungen sein. Es ist aber *möglich*, daß sie sich in ähnlicher Weise für die Voraussage des Witterungscharakters ganzer Jahreszeiten und Jahre werden verwenden lassen, wie die Vercellischen Schwankungen für die Voraussage der Luftdruckverteilung der nächsten Tage.

Überblicken wir nochmals den gegenwärtigen Stand des Problems der langfristigen Wettervorhersage, so erkennen wir, daß es zur Zeit *noch nicht möglich* ist, *regelmäßige* Wetter- oder Witterungsvorhersagen für längere Zeiträume zu geben. Immerhin ist aber das Schwerste auf dem Wege zu diesem Ziele, nämlich der *Anfang*, gemacht. Es ist ein Anfang, wenn wir heute wenigstens in manchen Fällen in der Lage sind, aus den kurzperiodischen Schwankungen der Atmosphäre auf die Luftdruckverteilung der nächsten Tage zu schließen, es ist ein Anfang, daß Beziehungen zwischen aufeinanderfolgenden Witterungszuständen wenigstens für einige Gebiete der Erde festgelegt sind, und die Feststellung, daß die Wetterelemente zeitlichen, gesetzmäßigen Schwankungen unterworfen sind, ist ein Anfang für neue, der langfristigen Witterungsvoraussage dienliche Erkenntnisse.

Stimmen die Ergebnisse der Aalforschung mit Wegeners Theorie der Kontinentalverschiebungen überein?

Von LEOPOLD V. UBISCH, Würzburg.

ALFRED WEGENER¹⁾ hat die Theorie aufgestellt, daß die Kontinente als gewaltige Schollen auf dem schwereren Sima schwimmen. Zwischen den Schollen würde das Sima zutage treten, wenn diese Lücken nicht durch die Ozeane ausgefüllt wären. Der Tiefseeboden wird also gebildet von dem mit

¹⁾ WEGENER, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 3. Aufl. Braunschweig: Vieweg 1922.

einer dünnen Erstarrungskruste überzogenen Sima selbst.

Die Veränderungen in der Verteilung von Kontinenten und Ozeanen, die im Laufe der Erdgeschichte zweifellos stattgefunden haben, erklärt WEGENER dementsprechend nicht, wie man bisher annahm, mit gewaltigen Hebungen und Senkungen einzelner Teile der Erdoberfläche, also durch

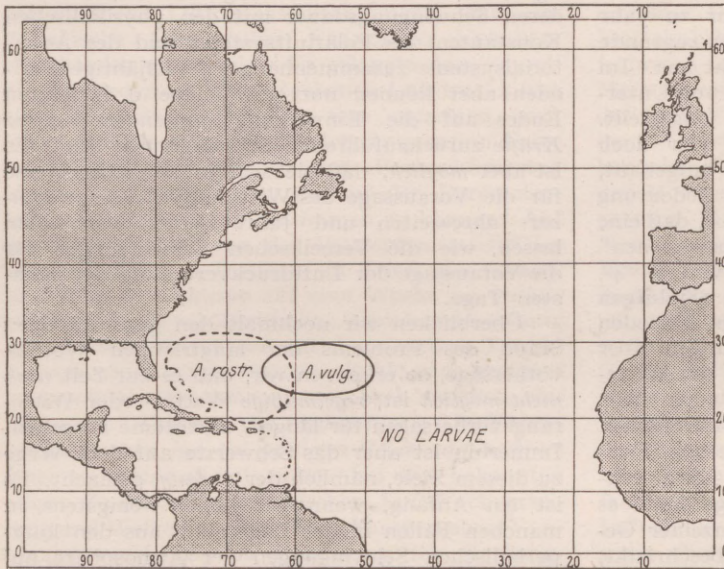
vertikale Verschiebungen der Massen, sondern durch horizontale gegen- und voneinander gerichtete Triftbewegungen der Kontinentalschollen¹⁾.

Ich habe an anderer Stelle dargelegt²⁾, daß es von größtem Interesse ist, mit Hilfe tiergeographischer Tatsachen Stellung zu WEGENERS Anschauungen zu nehmen. Aber ich mußte auch darauf aufmerksam machen, daß eine wesentliche Schwierigkeit dadurch entsteht, daß die tiergeographischen Befunde meist nicht nur durch WEGENERS Theorie, sondern auch durch die ältere Annahme des Versinkens von Kontinenten und Aufsteigens von Landbrücken befriedigend erklärt werden. So schien mir der Schluß gerechtfertigt, „daß die tiergeographischen Tatsachen —

bracht. ECKARDT¹⁾ kommt auf Grund des Studiums der Geschichte der amerikanischen Pferde zu einer ähnlich wohlwollenden Neutralität, wie sie in meinen oben zitierten Sätzen ausgesprochen ist. IRMSCHER²⁾ findet die Tatsachen der Pflanzenverbreitung in guter Übereinstimmung mit WEGENERS Theorie.

Wie man sieht, ist Einigkeit keineswegs erzielt, und es muß daher weiterhin Aufgabe des Biologen bleiben, auf Material zu fahnden, das zur Prüfung der Wegenerschen Theorie geeignet ist.

Neuerdings hat JOH. SCHMIDT³⁾ seine Forschungen über die Laichplätze des Aals zu einem gewissen Abschluß gebracht und uns dadurch mit Tatsachen bekannt gemacht, die für unser Problem von Interesse sind.



Karte 1. Lage der Aallaichplätze nach SCHMIDT.

von Einzelheiten abgesehen — recht gut zu WEGENERS Anschauungen passen...“ „Aber einen Beweis können wir in der Tierverbreitung für die Verschiebungstheorie noch nicht erblicken.“

Inzwischen ist von verschiedenen andern Autoren zu unserer Frage Stellung genommen worden. Ich zitiere 3 solcher Arbeiten, ohne auf die Beweiskraft derselben kritisch einzugehen.

STROMER³⁾ wird durch die Erforschung der tertiären Wirbeltierreste Deutsch-Südwestafrikas in Gegensatz zu WEGENERS Anschauungen ge-

¹⁾ Vgl. auch SCHULZ, Die Alfred Wegenersche Theorie der Entstehung der Kontinente und Ozeane. Die Naturwissenschaften 9. Jahrg. 1921.

²⁾ v. UBISCH, Wegeners Kontinentalverschiebungstheorie und die Tiergeographie. Verhandl. d. Phys.-Med. Ges. Würzburg 1921.

³⁾ STROMER, Erste Mitteilung über tertiäre Wirbeltierreste aus Deutsch-Südwestafrika. Sitzungsber. d. Math.-phys. Kl. d. Bayr. Akad. d. Wiss. München 1921, T. II.

SCHMIDTS Untersuchungen haben zu folgenden Ergebnissen geführt: Es gibt zwei Aalspezies, den europäischen Aal, *Anguilla vulgaris* mit durchschnittlich 114 Wirbeln, und den amerikanischen Aal, *Anguilla rostrata*, mit durchschnittlich 107 Wirbeln.

Die geschlechtsreifen Tiere beider Arten schwimmen im Hochsommer aus den Seen und Flüssen, in denen sie bis dahin gelebt haben, ins Meer hinab und wandern nach ihren Laichplätzen. Diese befinden sich dicht beieinander, ja sich z. T. überdeckend in der sog. *Sargasso-See* im westlichen Atlantischen Ozean (vgl. Karte 1). Dort werden die Eier in großer Tiefe abgelegt. Gegen Ende des Winters oder bei Beginn des Frühjahrs schlüpfen die jungen Aale in Gestalt blattähnlicher Fischchen, *Leptocephali* genannt, aus. Während sie heranwachsen, steigen sie langsam in die oberen Wasserschichten empor.

Sind bis hierher die Vorgänge beim amerikanischen und europäischen Aal, abgesehen von unwesentlichen Einzelheiten, gleich, so machen sich nun wesentliche Unterschiede in der Entwicklung geltend.

Die amerikanischen *Leptocephali* wachsen im Verlauf eines Sommers bis zur durchschnittlichen Größe von 6—6,5 cm heran. Inzwischen sind sie an die Küsten ihres Heimatkontinenten gelangt. Im Winter findet die Metamorphose in die jungen „*Glasaale*“ statt, im zweiten Frühjahr das Einwandern in die amerikanischen Flüsse.

Die europäischen *Leptocephali* dagegen sind

¹⁾ ECKARDT, Alfred Wegeners Theorie der Kontinentalverschiebungen und die Tiergeographie. Naturw. Wochenschr. N. F. 21, Nr. 24.

²⁾ IRMSCHER, Pflanzenverbreitung und Entwicklung der Kontinente. Mitt. a. d. Inst. f. allg. Bot. 5. Hamburg 1922.

³⁾ SCHMIDT, The breeding places of the Eel. Phil. Trans. Royal Soc. London Ser. B., 211. 1922.

erst im Herbst des *dritten* Jahres mit ca. 7,5 cm Länge ausgewachsen und haben dann erst die ja viel weiter von den Laichplätzen entfernten europäischen Küsten erreicht. Im Winter findet die Metamorphose statt, im vierten Frühjahr die Einwanderung in die europäischen Flüsse.

Soweit die Untersuchungen SCHMIDTS¹⁾.

Es darf wohl als sicher feststehend angenommen werden, daß beide Aalarten von einer gemeinsamen Stammform abstammen und daß sich die morphologischen (Wirbelzahl) und entwicklungs-geschichtlichen (Entwicklungstempo) Unterschiede erst allmählich herausgebildet haben. Es liegt weiter auf der Hand, daß diese Unterschiede mit der Länge der Wanderung, die durch die verschieden große Entfernung vom Laichplatz zur Heimat nötig gemacht wird, in Zusammenhang stehen.

Es ist aber zunächst nicht ersichtlich, welche Art der gemeinsamen Stammform nähersteht, *Anguilla rostrata* mit geringerer Wirbelzahl, kleinerer Larve, kürzerer Entwicklungsdauer und Wanderung oder *A. vulg.* mit größerer Wirbelzahl, größerer Larve, längerer Entwicklungszeit und Wanderung.

Hier bietet sich eine Gelegenheit, einerseits WEGENERS Theorie, andererseits die Brückentheorie zur Erklärung heranzuziehen und zu sehen, welche von beiden den Tatsachen gerecht wird.

Aale sind uns nach ZITTEL²⁾ schon aus der Kreide des Libanon bekannt, *Leptocephali* aus dem Eozän des Monte Bolia.

Demnach existierten den heute lebenden Formen ähnliche, unter ähnlichen biologischen Verhältnissen lebende Aale schon in der Zeit, in die WEGENER die Entstehung der Atlantischen Spalte verlegt.

Wo können damals die Laichplätze des Aals gelegen haben? Gehen wir von den Grundlagen aus, die uns WEGENERS Theorie bietet: Noch im Eozän bestand zwischen Mittelamerika und Nordafrika ein schmales, tiefes, nach Süden abgeschlossenes Meeresbecken (vgl. Karte 2). Nur in diesem, etwa an der mit X bezeichneten Stelle, können damals die Laichplätze gelegen haben. Sowohl im Osten wie im Westen waren die Küsten in der Nähe. Wir müssen also kurze Wanderung annehmen, die Stammform würde also vermutlich der heutigen amerikanischen Art ähnlich oder mit ihr identisch gewesen sein.

Nun riß die atlantische Spalte völlig auf, und Amerika triftete nach Westen ab, Europa-Afrika folgte nur sehr viel langsamer, so daß der Atlantische Ozean entstand (vgl. Karte 3).

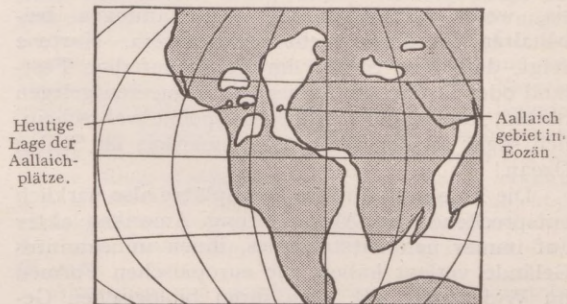
Es gab nun zwei Möglichkeiten. Entweder die Laichplätze blieben an Ort und Stelle. Dann hätten sich die *Leptocephali*, die die westlichen Küsten aufsuchten, an immer länger werdende Wanderungen anpassen müssen. *Anguilla rostr.*

¹⁾ Näheres vgl. DROST, Das Laichgebiet des Aales. Die Naturwissenschaften 10. Jahrg. 1922.

²⁾ ZITTEL, Palaeozoologie 3. München-Leipzig 1897 bis 1900.

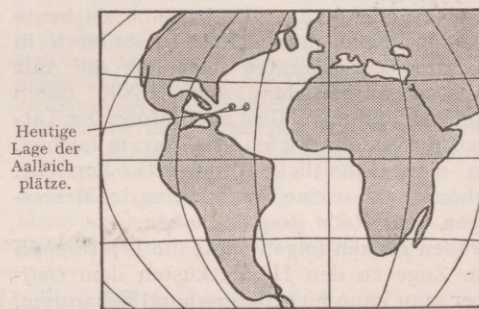
müßte heute lange Wanderung und in Verbindung damit große Wirbelzahl und große Larve sowie lange Entwicklungszeit aufweisen.

Das ist aber nicht der Fall, und tatsächlich liegen auch die Laichplätze nicht an alter Stelle, sondern sind, wie der Vergleich von Karte 2 und 3 zeigt, Amerika folgend nach Westen verlegt worden.



Karte 2. Verteilung von Kontinenten und Ozeanen im Eozän. Nach WEGENER.

Ist eine solche Verlegung der Laichplätze wahrscheinlich? Wir wissen, daß alle Organismen sehr zähe an ihrer Heimat, besonders aber an ihren Brut- und Laichplätzen festhalten. Nun wäre es ja noch verständlich, wenn die amerikanischen Aale der abrückenden Küste Amerikas folgend ihre Laichplätze nach Westen verlegt hätten, so daß die ererbte Entwicklungsdauer nicht in Kon-



Karte 3. Verteilung von Kontinenten und Ozeanen im Alt-Quartär. Nach WEGENER.

flikt kam mit dem immer länger werdenden Weg, für den eine längere Entwicklungszeit nötig gewesen wäre. Aber es ist nicht ersichtlich, warum die europäischen Aale ihre Laichplätze nach Westen verlegt und sich damit von dem ihnen bekannten Laichterrain getrennt haben sollten, zu dem sie ihr ererbter Instinkt hinführte.

Man könnte ja zunächst denken, daß die Verlegung der Laichplätze passiv in der Weise erfolgt wäre, daß der Teil des Meeresbodens, an dem die Aale in der Kreide-Eozän laichten, wie eine Wasserterrasse von dem amerikanischen Kontinent mit nach Westen gezogen worden sei.

Diese Vorstellung ist aber nach WEGENERS Theorie nicht zulässig. Denn WEGENER nimmt an, daß bei der Abwanderung der Kontinente stets frische Simaoberfläche entblößt wird, auf der sich dann erst durch Erkalten und Abbröckeln vom Rande der Kontinentalscholle her eine relativ dünne Decke bildet.

Da, wo die Laichplätze heute liegen, können sie, wenn wir WEGENERS Anschauungen beibehalten, im *Eozän* nicht gewesen sein. Karte 2 zeigt, daß diese Stellen im *Eozän* auf dem Festland oder in flachen Transgressionsmeeren gelegen hätten, in einer noch früheren Epoche wahrscheinlich sogar an der Westküste Amerikas im Stillen Ozean!

Die Aale müßten ihre Laichplätze also wirklich entsprechend der Abwanderung Amerikas aktiv auf immer neu entstehendes, ihnen unbekanntes Gelände verlegt haben, die europäischen Formen im Widerstreit mit allen ihren biologischen Gewohnheiten.

Eine solche Verlegung ist überhaupt nur glaubhaft, wenn eine zwingende Notwendigkeit die Aale von ihren alten Laichplätzen nach Westen vertrieben hätte.

Es ist überaus auffallend, daß die Larven heute eine strenge Grenze ihres Verbreitungsgebietes nach Süden mit dem 20. Breitengrad gesetzt finden.

Es würde naheliegen, die nach Süden steigende Temperatur als Erklärung heranzuziehen. Man könnte ferner vermuten, daß entsprechend den von WEGENER geforderten Polverschiebungen der Äquator eine andere Lage gehabt habe als heute und die ursprünglichen Laichplätze dadurch in eine zu warme Zone geraten seien, der die Aale nach Westen ausgewichen seien. Alle dahin gehenden Spekulationen fallen aber infolge der Tatsache, daß die Aale in Tiefen von 5000 m laichen, in denen eine einheitliche Temperatur herrscht.

Eher könnte schon eine Veränderung der Meeresströmungen eine Rolle gespielt haben.

Im großen ganzen folgen heute die *Leptocephali* bei ihrem Zuge zu den Heimatküsten dem *Golfstrom*, aber man kann nicht kurzerhand behaupten, daß die alten Aale gegen den *Golfstrom* ihre Laichplätze aufsuchten. Ob ferner die Strömungsverhältnisse in dem kleinen Mittelmeer der Kreide auch nur ähnlich waren wie heute, ist völlig unbekannt.

Wir müssen uns aber an die uns bekannten Dinge halten und sagen: Die Verhältnisse, die wir heute bei den Aalen vorfinden, sind mit WEGENERS Theorie nur vereinbar, wenn wir annehmen, daß eine Verlagerung der Aallaichplätze über die ganze Breite des Atlantischen Ozeans nach Westen stattgefunden hat. Das ist aber unwahrscheinlich.

Anders liegen die Dinge, wenn wir die Brückentheorie heranziehen. Auch nach ihr bestand in der Kreide eine *Tethys*, aber Amerika lag an derselben Stelle wie heute, die Aallaichplätze könnten also dieselben wie heute gewesen sein. Nehmen wir nun an, daß die Festlandsmasse, die nach dieser Theorie den Nordatlantischen Ozean bedeckte, in südwest-nordöstlicher Richtung untersank, so wurde der Weg für die *Leptocephali*, die nach Osten wanderten, immer länger, während er für die amerikanischen Formen derselbe blieb. Unter diesen Umständen mußten sich geradezu die Verhältnisse herausbilden, die wir heute vorfinden.

Man könnte die Ergebnisse der Aalforschung allerdings auch mit WEGENERS Theorie horizontaler Kontinental-Verschiebungen in Einklang bringen, wenn man annimmt, daß nach Aufreißen der Atlantischen Spalte zwar Amerika nach Westen, besonders aber Europa-Asien-Afrika nach Osten abwanderten. Für die Aale wären dann dieselben Bedingungen entstanden wie beim in nordöstlicher Richtung erfolgenden Absinken der nordatlantischen Brücke. Für WEGENERS Theorie würde diese Auffassung des Vorgangs, soweit ich das übersehen kann, den großen Vorteil bringen, daß die Entstehung der ostasiatischen Randgebirge verständlich würde.

Doch damit sind Fragen angeschnitten, die die Kompetenz des Biologen weit überschreiten.

Zum Schluß möchte ich erneut darauf hinweisen, daß es sich bei Erörterungen wie die vorstehende nur darum handelt, *Material zur Prüfung der Theorie Wegeners beizubringen*. Eine Entscheidung soll mit dieser Überlegung nicht verbunden sein. Die Natur des Problems bringt es mit sich, daß viel Hypothetisches mit unterläuft und mit der Wirkung von Faktoren gerechnet werden muß, deren Existenz in früheren Zeiten uns unbekannt ist. Erst eine größere Menge derartiger Prüfungen biologischer Befunde würde einen Indizienbeweis für oder gegen WEGENER erlauben.

Besprechungen.

HERTZ, PAUL, *Über das Denken und seine Beziehung zur Anschauung*. 1. Teil: Über den funktionalen Zusammenhang zwischen auslösendem Erlebnis und Enderlebnis bei elementaren Prozessen. Berlin, Julius Springer, 1923. X, 167 S. 13 × 21 cm. Preis 4,20 Goldmark.

Der dem Physiker vor allem durch seine zusammenfassenden Arbeiten über die statistische Mechanik bekannte Verfasser tritt hier mit einem rein philosophischen Werk auf den Plan. Unter dem Denken will er solche psychische Reaktionen verstanden wissen, die

zu etwas Neuem, in der Vorerfahrung noch nicht Dagewesenem führen. Bei diesen — in der Terminologie des Verfassers „transzendenten“ — Prozessen seien nun zwei Stufen zu unterscheiden. Ein Vorgang erster Stufe sei es, wenn z. B. einem ungenügend unterstützten Körper, trotzdem er selber bisher noch nie erblickt wurde, der bevorstehende Fall unmittelbar angesehen würde. Beruhe dagegen die Erwartung auf bewußten logischen Formulierungen, d. h. auf allgemeinen Sätzen, dann gehöre sie zu den Denkprozessen zweiter Stufe, über die erst der künftig er-

scheinende 2. Band handeln soll. Wenn HUMES Auffassung zutrefte, müsse sich indes *jede* Erkenntnis ohne den Umweg über das Allgemeine durch bloße Schritte erster Stufe von Besonderem zu Besonderem ersetzen lassen (S. 1—17). Als transzendente Vorgänge erster Stufe werden nun Erwartungen folgender Art ausführlich untersucht (S. 37—89): Die Wege zweier gestoßener Kugeln erwiesen sich zu verschiedenen Zeiten als gleich lang; auch zu einem noch nicht dagewesenen Weg der ersten Kugel wird dann ein gleich langer der zweiten erwartet. Oder: durch ein Bleichmittel wurde Blau in Hellblau, Rot in Hellrot verändert usw.; dann wird auch zu dem noch nicht dagewesenen Gelb Hellgelb erwartet. Analog wird zu einem Ton die Quart, zu einer Richtung die normale erwartet u. a. m. Die erörterten Transzendenzen werden logisch auf folgende Grundtypen zurückgeführt: 1. *Konstante* Durchlaufung: Der Blick bzw. die Aufmerksamkeit durchläuft gleiche Strecken bzw. gleiche Qualitätsabstände mit konstanter Geschwindigkeit. Wurde also in der Vorerfahrung eine gewisse Durchlaufungszeit dem Gedächtnis eingepreßt, so beginnt bei einem neugegebenen A die Aufmerksamkeit wieder die eingübte Zeit hindurch zu wandern und erwartet so das entsprechende B. 2. *Probeweise* Durchlaufung: Die Aufmerksamkeit wandert von A suchend so lange umher, bis das richtige B einspringt, das dann „festgehalten“ und erwartet wird. Die psychologische Frage, inwieweit diese beiden Typen in den angeführten konkreten Beispielen Verwirklichung finden, wird jedoch als hier unerheblich abgewiesen. — Die 3. Schlußkapitel des Buches (S. 89 bis 119) sind den geometrischen Transzendenzen gewidmet. Für die Tatsache, daß unsere Vorstellungsbilder der euklidischen Metrik genügten, seien zwei Erklärungen logisch denkbar. *Annahmen 1*: In einem Zeitpunkt entspricht jedem Punkt des Wahrnehmungsraumes — darunter versteht Verfasser einen Raum, bezogen auf ein dreiaxiges, mit dem Kopf fix verbundenes Koordinatensystem — eindeutig ein Punkt des physikalischen Raumes der Außenwelt. Der physikalischen Entfernung jedes physikalischen Punktepaars entspricht eindeutig eine erlebte Entfernung des zugeordneten Punktepaars im Wahrnehmungsraum. Wenn also dasselbe physikalische Punktepaar im Laufe der Zeit über verschiedene Wahrnehmungs-Punktepaare wandert, so kommt diesen die gleiche Entfernung zu; so werde der Wahrnehmungsraum empirisch geeicht. Da nun der physikalische Raum (nahezu)

euklidisch sei, müsse auf diese Art auch im Wahrnehmungsraum eine euklidische Metrik zustande kommen. Dies sei also eine empiristische Erklärung unserer Raumanschauung nach der Art von HELMHOLTZ: „Die Gesetze der Seele werden nach dieser Auffassung durch die Gesetze der Außenwelt bestimmt“ (S. 102). *Annahmen 2*: Die Entfernungen im Wahrnehmungsraum kommen zustande durch Aufmerksamkeitswanderungen, denen wieder Nervenprozesse zugrunde liegen. Bei den Aufmerksamkeitswanderungen ist innerhalb kleiner Bezirke die Geschwindigkeit der zugrunde liegenden Nervenprozesse konstant und unabhängig von der Richtung. Da nun das Nervensystem sich selbst in einem euklidischen Raum befinde, müsse auf Grund der Annahmen die Anschauungsmetrik euklidisch ausfallen. Auf diese zweite Art sei unsere Raumanschauung im Sinne Kants erklärt, d. h. auf die Konstruktion des „erkennenden Subjekts“ zurückgeführt. Jedoch: „Eine Entscheidung zwischen den beiden Annahmen soll hier nicht getroffen werden“ (S. 116).

Abgesehen von psychologischen und erkenntnistheoretischen Bedenken gegen des Verfassers Raumtheorie scheint indes aus seiner ersten Erklärung nur die konstante Krümmung, aus der zweiten nur die Isotropie des „Anschauungs“-Raumes zu folgen. Um die Euklidizität legitim abzuleiten, müßte wohl Verfasser seine Annahmen ergänzen, wohl auch präzisieren. Auch die vom Verfasser nur gestreifte Tatsache (S. 115), daß sich dem physikalischen Raum selbstverständlich jede beliebige Metrik zuschreiben läßt, solange uns nichts an der einfachen Fassung der physikalischen Gesetze gelegen ist, auch diese prinzipielle Tatsache, die vielleicht nicht allen philosophischen Lesern ganz bewußt sein wird, hätte vielleicht stärkere Unterstreichung verdient. Der Schwerpunkt des Buches liegt jedoch kaum in den nicht immer glücklichen und übersichtlich dargestellten Einzelergebnissen, sondern in der selbständigen und überaus fruchtbaren Problemstellung. Die Ableitung unseres Verhaltens gegenüber neuen Tatsachen aus der Vorerfahrung mit Hilfe elementarer psychischer Mechanismen, d. h. die konkrete Ausführung der Humeschen Hypothese verspricht in der Tat den entscheidenden Aufschluß über das Wesen des Denkens. Inwieweit der vom Verfasser eingeschlagene Weg uns der Lösung dieses grundlegenden Problems genähert hat, wird sich wohl erst nach Erscheinen des 2. Bandes entscheiden lassen. E. ZILSEL, Wien.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Nochmals: Eine Elektrodynamik der Vorgänge in unserer Atmosphäre.

Die in der Bemerkung des Herrn K. KÄHLER liegende Kritik ist zumindest als reichlich verfrüht zu betrachten. Wäre mir die Möglichkeit gegeben gewesen, schon jetzt ausführlich über die einzelnen Vorgänge zu berichten, so würde wohl kaum von einem Widerspruch

mit luftelektrischen und meteorologischen Erfahrungen gesprochen worden sein. Die „vorläufige“ Mitteilung kann allein dazu dienen, weitere Kreise auf die großen Probleme aufmerksam zu machen, sie kann aber allein keine genügende Unterlage für ein abschließendes Urteil bieten.

FR. KAFTAN.

Berlin, den 12. April 1924.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 2. Februar 1924 sprach Dr. E. SCHEU (Leipzig) über **Sardinien, Land und Leute**. Die Insel kehrt mit ihrer geschlossenen, hafennarmen und gebirgigen Ostküste dem Mutterlande Italien gewissermaßen den Rücken. Die übrigen Küsten dagegen sind durch weite Buchten aufgeschlossen, im Süden durch den offenen Golf von Cagliari, dem altrömischen Caralis, der jetzigen Hauptstadt der ganzen Insel mit 56 000 Einwohnern, im Westen durch den geschlossenen Golf von

Oristano und im Norden durch den Golf von Asinara, in dessen Hinterland Sassari, mit 43 000 Einwohnern die zweitgrößte Stadt Sardinien liegt.

Von einer prähistorischen Kultur in der Bronzezeit zeugen die zahlreichen an überragenden strategisch wichtigen Punkten stehenden, festungsartigen Rundtürme, die Nuraghen, von denen heute noch 400 bis 500 vorhanden sind. Später haben die Karthager die Insel kolonisiert, dann kam sie unter die Herrschaft der

Römer; im Mittelalter gehörte sie der Republik Pisa und nach deren Niedergang faßten die Aragonesen Fuß, bis sie schließlich an das Haus Savoyen fiel. Vielfach wurde sie von Seeräubern, namentlich Sarazenen heimgesucht, deren Spuren sich noch bis heute in arabischen Ortsbezeichnungen erhalten haben.

Wilde, unfruchtbare Granitlandschaften, tafelförmige Kalkplateaus und vulkanischer Boden bilden das Felsgerüst der Insel, das durch zahlreiche Bruchlinien zerspalten ist und in seinem Landschaftscharakter vielfach unseren Mittelgebirgen ähnelt. In der Mitte der Osthälfte, unter 40° Nord, kulminiert das Gebirge in dem 1832 m hohen Gennargentu. Die an den Bruchspalten abgesunkenen Gesteinsschollen bilden Beckenlandschaften zwischen den Gebirgshorsten, oder große Niederungen, die z. T. von Flußablagerungen erfüllt sind, wie die große Ebene von Campidano, die sich vom Golf von Cagliari bis zum Golf von Oristano hinzieht und das südwestliche Gebirgsland mit der alten, 11 000 Einwohner zählenden Bergstadt Iglesias von dem Hauptteil der Insel abtrennt. Das Bergland von Iglesias erreicht Höhen von mehr als 1200 m und zeichnet sich durch seinen Erzreichtum aus, der viele Fremde, namentlich Franzosen und Belgier anlockt, während sonst die Insel von Fremden meist gemieden wird, weil die Malaria gerade die fruchtbaren Niederungen heimsucht, aber auch bis zu Höhen von 600 m vorkommt. Silberhaltiges Blei und Zink wird aus Schächten von mehr als 140 m Tiefe zutage gefördert und liefert etwa ein Drittel der gesamten Ausfuhr.

Das Waldkleid des Landes, namentlich prächtige Bergwälder von Steineichen, ist durch falsche Maßnahmen und kurzsichtige Politik größtenteils zerstört worden. Im Norden spielt die Korkeiche eine wichtige Rolle. Olivenhaine kommen bis 400 m Höhe vor. Auch sonst gedeihen alle Kulturgewächse des Mittelmeergebietes, und der vulkanische Boden der Basaltplateaus zeichnet sich durch besondere Fruchtbarkeit aus. Im Altertum war Sardinien eine Kornkammer Roms, während jetzt Getreide eingeführt werden muß. Der Ackerbau wird noch heute mit recht primitiven Geräten betrieben, und eine Düngung des Bodens unterbleibt meist.

Viehwirtschaft bildet die Haupterwerbsquelle der Bevölkerung. Unter den Haustieren überwiegen die Schafe, von denen etwa 2 Millionen vorhanden sind. Das Leben der Sarden ist daher innig mit der Schafzucht verknüpft. Der Schafkäse, den man ein halbes Jahr zum Reifen aufbewahrt, ist wertvoller als die Anbaufrüchte. Er spielt daher im Erwerbsleben die Hauptrolle. Das Leben des Sarden wickelt sich in ziemlich primitiven Formen ab. In vielen Gegenden findet man malerische Volkstrachten und farbenprächtige Gewänder bei den Frauen. Blutrache spielt noch heutzutage eine große Rolle. Die Volksdichte beträgt bei 881 000 Einwohnern und 24 109 qkm nur 37 auf das Quadratkilometer im Mittel.

Obgleich Oristano sich wegen seiner Lage in der Mitte der Westküste und als Knotenpunkt des alten römischen Straßensystems gut zur natürlichen Hauptstadt der Insel eignen würde, konnte es doch diese Stellung nicht erringen, weil die Malaria hier besonders schlimm auftritt. Schon im Altertum diente Sardinien als Strafkolonie für Verbrecher und gegenwärtig werden häufig mißliebige Beamte dorthin versetzt.

Von der Hauptstadt Cagliari baut sich der jüngere, im Mittelalter entstandene Teil auf einem der für jene Gegend typischen tafelförmigen Hügel aus weißem Kalk auf, die sich fast 100 m hoch erheben, während die antiken Stadtteile unten liegen. Aus den,

in der Nähe befindlichen Lagunen gewinnt man Salz, das für die Fischkonservierung gebraucht wird. Man läßt das Meerwasser in flachen Becken, sog. Salzgärten, verdunsten, was ziemlich schnell geschieht, da die Sommerhitze groß ist und sogar diejenige von Palermo auf Sizilien übertrifft. Die Salzgewinnung ist Staatsmonopol. Auffällig ist die Tatsache, daß die in den Salinen arbeitenden Strafgefangenen meist frei von Malaria bleiben.

Am 12. Februar 1924 sprach Professor KURT WEGENER (Flugplatz Staaken bei Spandau) über Flüge in Spitzbergen. Es handelte sich bei diesen Flügen um eine Hilfsexpedition der Junkers-Werke für den norwegischen Polarforscher Roald Amundsen, der im Juni 1923 von der Nordküste Alaskas über den Nordpol nach Spitzbergen fliegen wollte, nachdem er sein Schiff „Maud“ verlassen hatte, das ihn in mehrjähriger Drift über den Nordpol führen sollte. Es gelang nicht das Schiff in eine günstige Meeresströmung hinein zu bugsieren, und auch gegenwärtig noch befindet sich die „Maud“ nach ihren funktentelegraphischen Meldungen erst am Rande des unerforschten Polarmeeres, in der Nähe der Neusibirischen Inseln, hat also im wesentlichen lediglich die Drift der „Jeannette“ wiederholt, die dort im Juni 1881 vom Eise zerdrückt wurde. Der Erfolg Fridtjof Nansens bei seiner Drift 1893—1896 ist darauf zurückzuführen, daß er an der Westseite der Neusibirischen Inseln nordwärts in das Eis hinein steuerte. Denn über jeder polaren Inselgruppe bildet sich im Sommer ein Gebiet hohen Luftdruckes aus, das eine Luftzirkulation in antizyklonalem Sinne zur Folge hat, d. h. an der Ostseite drängen nördliche Winde schwere polare Eismassen gegen die Küste, während auf der Westseite des Landkomplexes die Küste durch südliche Winde eisfrei gehalten wird. Im allgemeinen rechnet man, daß eine Luftversetzung um 100 m imstande ist eine Vorwärtsbewegung des Meerwassers um 1 m zu bewirken (0,01). Beim Polareise verstärkt sich die Wirkung des Windes auf das dreifache (0,03), weil die Unebenheiten des Eises dem Winde Angriffsflächen für eine Segelwirkung darbieten. Bei der Drift des Schiffes „Deutschland“ im Südpolareise wurde ein Mitgehen um 0,027 des Windweges festgestellt. Bei allen arktischen Inselgruppen finden wir also starke Packeismassen an der Ostküste, leichte Zugänglichkeit an der Westküste. So ist es zu erklären, daß Amundsens „Maud“ immer wieder nach Süden zurückgetrieben wurde.

Amundsen hatte von einem amerikanischen Unternehmer ein Metallflugzeug gekauft und beabsichtigte von der Nordspitze Alaskas, Point Barrow (ca. 156° West) über den Nordpol nach Spitzbergen zu fliegen, d. h. etwa 3200 km größtenteils über unbekanntes Gebiet. Bei dem Risiko, das mit dieser Fahrt verbunden war, beschlossen die Junkers-Werke mit Unterstützung der norwegischen Regierung eine Hilfsexpedition auszusenden, die von Spitzbergen aus Amundsen entgegen fliegen, Proviantsäcke mit langen gelben Wimpeln auf dem Eise auswerfen und ihn auf dem letzten Teil seiner Flugstrecke vor dem Untergange bewahren sollte.

Bereits in Tromsø erfuhr die Expedition, daß Amundsen den Flug für diesen Sommer aufgegeben habe. Trotzdem betrieben die Junkers-Werke die Weiterfahrt nach Spitzbergen, wo dann von Green Harbour im Eisfjord aus mit dem Flugzeug D. 260, „Eisvogel“ genannt, 3 größere Flüge ausgeführt wurden, einer rings um den Eisfjord, ein zweiter über das Firnplateau zur Kingsbai. Der dritte führte in nordöstlicher Richtung über die höchste Erhebung Spitzbergens, das 1700 m hohe Chydenius-Gebirge, die Hinolan-

straße und den nordwestlichsten Teil des Nordostlandes, sodann nach Westen umbiegend über den 80. Breitengrad hinaus und schließlich südwärts längs der Westküste zur Ausgangsstation zurück. Der Aufstieg erfolgte am Sonntag, den 8. Juli 1923 vormittags 11 Uhr 40 Min. Um 2 Uhr war die Lomme-Bai erreicht, um 3 der Ausgang der Wijde-Bai, um 4 Uhr die Däneninsel und um 6 Uhr 15 Min. nachmittags der Aufstiegsunkt. Die Lufttemperatur schwankte während der Fahrt zwischen 1° und 5°. Die Maximalhöhe betrug 2200 m. Die Erstreckung dieses achtstündigen Fluges überschritt 1000 km. Um durch einen Vergleich die gewaltige Überlegenheit des Flugzeuges als geographisches Forschungsmittel in der Arktis über andere Reismethoden hervorzuheben, erinnerte der Vortragende daran, daß er zur Zurücklegung eines, nur 350 km langen Teiles dieser Strecke bei seinem Rettungsunternehmen für die verunglückte Schröder-Stranz-Expedition mit Schlitten 3 Wochen gebrauchte und dabei lediglich seinen Weg und die, zu dessen Seiten sich erhebenden Bergabhänge sehen konnte, während das Flugzeug einen weiten Überblick über große Meeresteile und Landschaften, wie z. B. des fast ganz unbekanntes Nordostlandes gestattete. Aus den vorgeführten Lichtbildern und Filmstreifen ließ sich die Bedeutung photographischer Aufnahmen aus Luftfahrzeugen klar erkennen. Ganz abgesehen von der Weite des Blickes, die aus der Höhe von 2000 m, in der vielfach geflogen wurde, nach allen Seiten hin bis 170 km reicht, der scharfen Erfassung jeder Einzelheit im Bilde, die eine spätere genaue Betrachtung in aller Ruhe ermöglicht, kommt solchen Bildern auch ihr dokumentarischer Charakter zugute, der z. B. den Stand der Vergletscherung in den Bergen, die Verteilung des Meereises an den Küsten und viele andere veränderliche Vorgänge für einen bestimmten Moment in aller Treue festzuhalten gestattet. Von interessanten Einzelheiten der vorzüglichen Stand- und Filmaufnahmen seien beispielsweise genannt: die driftenden Packeisschollen von 3–4 km Durchmesser in der Hinlopanstraße, die wechselvollen Oberflächenformen des Eises, das auf manchen Schollen geradezu pockennarbig aussieht, die auf der Gletscheroberfläche sich bildenden Seen, Flüsse und Schneestümpfe, in denen die Flüsse oft enden, die in den Fjord vorgeschobenen Deltabildungen der schuttreichen Ströme, die Lagunenbildung längs der Küste und die mit 30–50 m hoher Steilwand in das Meer abstürzenden Steinrinnen der Gletscher. Innerhalb weniger Minuten vollzog sich durch Anwendung photographischer Methoden die Entschleierung bisher nie betretener und völlig unbekannter Gebiete im Nordostlande sowie in den Plateaus nördlich vom Eisfjord.

Mit großer Deutlichkeit zeigen die Bilder die Abhängigkeit der Vergletscherung von dem Alter des Gesteins. Schon OTTO NORDENSKJÖLD hatte darauf aufmerksam gemacht, daß Gneis, Granit und kristalline Schiefer die Ansammlung von Eis begünstigen, Sedimentgesteine dagegen ihr abträglich sind. Der Vortragende erklärte diese auffällige Erscheinung als Folge der Abtragung und der Winde. Das Urgestein Nordwestspitzbergens trägt auch auf steilen Hängen Firn und Gletscher, welche letztere fast frei von Moränenschutt sind, der bei der intensiven Sonnenstrahlung eine hohe Erwärmung zu erfahren und die Abschmelzung des Eises zu verstärken pflegt. Die Abhänge in den Tertiärschichten des Inneren und des Südens dagegen liefern viel Verwitterungsschutt, der den Firn mit in die Tiefe reißt, die Gletscher ihres Nährmaterials beraubt und zugleich eine starke Schmelzwirkung ausübt. Die

geologisch jüngeren Schichten sind also ausgesprochen gletscherarm, weil sie der Abtragung stärker unterworfen sind. Man kann daher bis zu einem gewissen Grade aus der Stärke der Vergletscherung auf die Art des Gesteins schließen.

Anders verhält es sich mit der Gletscherarmut der Westküste. Hier wird an den Hängen, die den starken Westwinden ausgesetzt sind, der Schnee weggeblasen, ebenso wie auf den frei in der See gelegenen, der Nordküste vorgelagerten Inseln und auf den großen Plateaus im Inneren. Auf der, dem Winde abgekehrten Leeseite dagegen wird der Schnee im Windschatten angehäuft und führt zu kräftiger Vergletscherung.

Im äußersten Nordosten der Hauptinsel, zwischen Lomme-Bai und Treurenbergbuch, sowie auf Nordostland haben wir offenbar das Endprodukt der Abtragung jüngerer Schichtgesteine vor uns. Die Berge sind ihrer steilen Hänge beraubt und bilden nur noch flache, über die Schneegrenze emporragende Schutthaufen. So konnte sich hier aus den Firmulden eine Gletscherkappe bilden, die alles Gestein unter sich begräbt und den Typus des Inlandeises annimmt.

Spitzbergen war bis in die neueste Zeit unbewohnt, wenn man von gelegentlichen Überwinterungen von Fangschiffen, Schiffbrüchigen und wissenschaftlichen Expeditionen absieht. Allerdings hatten die Holländer im 17. Jahrhundert, als der Walfang in hoher Blüte stand und große Erträge lieferte, im nordwestlichsten Teile der Inselgruppe Transiedereien angelegt, die sich zu einer förmlichen Sommerstadt, Smeerenburg genannt, entwickelten, mit Wohnhäusern, Gasthöfen, Läden, Schenken und anderen Niederlassungen. Der Walfang war damals eine solche Quelle des Reichtums geworden, daß sich mitunter 300 Schiffe und Tausende von Menschen dort zusammenfanden. Heute erinnern nur Trümmer von Holzhäusern und zahlreiche Grabkreuze an das üppige Leben, das in jener Zeit dort herrschte. Jetzt liegt die wirtschaftliche Bedeutung Spitzbergens in einem Kohlenflöz von 1 m Mächtigkeit, das horizontal gelagert, nur wenig über dem Meeresniveau das Plateauland zwischen Eisfjord und Bellsund durchsetzt. Der Abbau geht ziemlich leicht von statten, weil die Kohle, ebenso wie der ganze übrige Erdboden in Spitzbergen, unterhalb 1 m Tiefe dauernd gefroren ist und daher keine Schlagwettergefahr und keine Belästigung durch Wärme, durch Eindringen von Wasser usw. vorkommen. Zwei norwegische, eine holländische und eine schwedische Gesellschaft teilen sich in die Ausbeutung. Lediglich der Abtransport macht Schwierigkeiten, weil die Winternacht 4 Monate dauert und für die Verschiffung nur die eisfreien Monate Juli und August zur Verfügung stehen.

Neben der Kohleförderung kommt noch der Fang von Robben in Betracht, deren Fell und Speck hohen Wert besitzen. Der letztere dient zur Fabrikation von Speisefett. Fredrikstad im südöstlichen Norwegen ist der Hauptsitz dieser Industrie. Das Fleisch der Robben dagegen, von denen etwa 500 000 Stück jährlich in der Grönland- und Spitzbergen-See gefangen werden, wird als Abfall ins Meer geworfen und geht der menschlichen Nahrung verloren. Im Südpolargebiet erbeutetes Walffleisch verarbeitet man heute schon zu Büchsenfleisch, und es ist zu hoffen, daß man auch im Norden bald zu einer Verwertung der enormen Fleischmassen schreiten wird.

In der Fachsitzung am 18. Februar sprach Professor A. NIPPOLDT (Potsdam) über eine magnetische Aufnahme der Ostsee und Ostseeländer.

Die seit vielen Jahrzehnten in den verschiedenen

Ländern veranstalteten erdmagnetischen Aufnahmen, bei denen Messungen der Richtung und Intensität des erdmagnetischen Feldes mit geographischen Ortsbestimmungen kombiniert werden, haben früher lediglich Beobachtungsmaterial geliefert, das in Tabellen und Karten niedergelegt wurde. Da die ermittelten Werte nicht nur ein wissenschaftliches, sondern auch ein praktisches Interesse, namentlich für Bergbau und Schifffahrt haben und die Eigentümlichkeit der erdmagnetischen Forschung ein Zusammenarbeiten erfordert, so kam es früh zu der Organisation von Arbeitsgemeinschaften, und schon um die Mitte des 18. Jahrhunderts wurden an verschiedenen Stellen gleichzeitige Beobachtungen nach einheitlichem Plan angestellt.

Die zeitliche Variation der erdmagnetischen Elemente blieb bis zum Anfang dieses Jahrhunderts ein Rätsel. Erst der Norweger KR. BIRKELAND erklärte sie aus der elektrischen Strahlung der Sonne. Die örtliche Variation, ja überhaupt das ganze magnetische Feld der Erde stellte KARL FRIEDRICH GAUSS 1839 unter Anwendung der Potentialtheorie dar, ohne eine physikalische Hypothese zugrunde zu legen. Es gelang ihm die große Fülle des vorliegenden Tatsachenmaterials in den numerischen Werten von Kugelfunktionen zur Darstellung zu bringen. Abweichungen der Beobachtungen von den rechnerischen Resultaten glaubte man durch Mangelhaftigkeit der Messungen und die Lückenhaftigkeit unserer Kenntnis erklären zu können. Man suchte dieses Manko durch Vermehrung der Beobachtungen, namentlich in den bis dahin unvermessenen Gebieten zu ergänzen. Auf reichhaltigeres Material gestützt hat dann ADOLF SCHMIDT neue Berechnungen unternommen, wobei er die ellipsoidische Gestalt der Erde berücksichtigte und ein äußeres Magnetfeld der Erde von einem inneren unterschied. Aber immer noch zeigten sich erhebliche Abweichungen.

Das Beobachtungsmaterial wies vor allem erhebliche Lücken in den Meeresgebieten auf. Zwar hatte schon der Engländer EDMUND HALLEY um 1700 auf dem Atlantischen Ozean magnetische Messungen anstellen lassen und deren Resultate in Karten niedergelegt. Auch GEORG ADOLF ERMAN hat bei seiner Erdumsegelung 1828—1830 magnetische Messungen auf den Ozeanen angestellt. Aber eine systematische magnetische Vermessung der Ozeane hat erst in diesem Jahrhundert begonnen, seitdem das Department of Terrestrial Magnetism der Carnegie-Institution in den Jahren 1905—1908 mit dem Schiff „Galilee“ und seit 1909 mit einem, eigens für diesen Zweck erbauten eisernen Segler mit Hilfsmotor „Carnegie“ ein gewaltiges erdmagnetisches Beobachtungsmaterial gesammelt und durch Küsten- wie Binnenlandstationen ergänzt hat. Eine auf diese sorgfältigen Messungen gestützte neue Berechnung der Gaussischen Elemente des Erdmagnetismus zeigte jedoch wiederum keine wesentliche Änderung der früher gefundenen Abweichungen zwischen Theorie und Beobachtung, und zudem geht die Größe der Differenzen weit über die möglichen Beobachtungsfelder hinaus, so daß nur die Annahme von Unregelmäßigkeiten übrig bleibt, die im Bau der Erdkruste begründet sind. Als Sitz dieser Unregelmäßigkeiten kommen nur die obersten 20—25 km der Erdkruste in Frage, weil in größerer Tiefe die Temperatur so hoch ist, daß kein Stoff seinen Magnetismus behalten kann.

Zum Studium des Einflusses der Gesteinsarten auf das erdmagnetische Feld eignet sich nun die Ostsee mit ihren Nachbarländern aus dem Grunde ganz be-

sonders gut, weil hier ein ausgedehntes Störungsgebiet vorliegt, in dem zugleich die Dicke der, dem Grundgebirge aufgelagerten Schichtgesteine nur dünn ist, ja auf großen Flächen das kristalline Urgestein direkt zutage tritt. Die Änderung der erdmagnetischen Horizontal-Intensität beträgt durchschnittlich je 100 km in γ -Einheiten ($\gamma = 0,00001 \text{ cm}^{-1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sec}^{-1}$) in Deutschland 400—500, Finnland 1000, Jütland 1500, Ostpreußen 1200, Schweden 3600 und in dem Störungsgebiet des russischen Gouvernements Kursk 550 000 γ . Große Richtlinien der Störung sind vielfach durch den geologischen Bau des felsigen Untergrundes gegeben, während ein Teil der Störungen in den lockeren Ablagerungen des Quartärs zu suchen ist. In Finnland und Skandinavien herrscht das reine Grundgebirge durchaus vor. In Estland fehlen alle Zwischenschichten zwischen Devon und Quartär, in Dänemark haben wir jüngere Kreideablagerungen, und Norddeutschland ist mit quartären Ablagerungen überschüttet. Diese Verschiedenartigkeit des Gesteinsaufbaues eignet sich vorzüglich für eine planmäßige Erforschung und ersetzt gewissermaßen des Laboratoriums-Experiment. Auf der offenen Ostsee, deren Boden zwar von Quartärablagerungen bedeckt ist, tritt deren magnetischer Einfluß stark zurück, weil die dicke Schicht des Meerwassers abschwächend wirkt.

Gelingt es die Beziehungen zwischen geologischem Bau und erdmagnetischem Feld zu ermitteln, so hätten wir ein bequemes Mittel zur Erforschung der Tektonik des Untergrundes in der Hand und besäßen die Grundlagen für erdmagnetische Mutungen.

Den zweiten Vortrag hielt der Estländische Kapitän A. v. GERNET über das ihm gehörige **Eisenfreie Vermessungsschiff „Cecilie“**. Den Schiffskörper bildet eine ehemalige Kriegsmarinebarkasse von 14 m Länge und 3,8 m größter Breite. In Kiel wurde ein vollständiger Umbau vorgenommen und alle Eisenbestandteile des Schiffes wie der Takelage wurden auf das sorgfältigste entfernt und durch Bronze, Kupfer, Holz und Tauwerk ersetzt. Statt der Ankerkette kommt eine starke Trosse zur Verwendung. Auch die ganze sonstige Ausrüstung ist eisenfrei. Die Messer sind aus Bronze, das Kochgeschirr aus Aluminium, usw. Da das Schiff weder Maschine noch Motor besitzt und nur auf seine Segel angewiesen ist, so macht es einige Schwierigkeit bei Wind und Seegang die zur Messung erforderliche Lage ohne Ortsveränderung inne zu halten. Die erste Probefahrt von Kiel nach dem Heimathafen Hapsal an der Westküste von Estland im September 1923 ist zur Zufriedenheit verlaufen und hat die Brauchbarkeit des Schiffes für magnetische Vermessungszwecke erwiesen.

Im Anschluß an diese beiden Vorträge fanden in den folgenden Tagen Beratungen zwischen Fachleuten aus den, an der magnetischen Vermessung der Ostsee interessierten Ländern statt. Es wurden die allgemeinen sachlichen Grundlagen für die Durchführung der Beobachtungen festgelegt, und man beschloß, an die Estnische Regierung mit dem Wunsche heranzutreten, ihr Schiff und ihr Instrumentarium einer Vermessung der ganzen Ostsee zugänglich zu machen. Es ist begründete Hoffnung vorhanden, daß diese Wünsche bei den maßgebenden Persönlichkeiten des estnischen Volkes Förderung finden werden. Dafür bürgt schon die kühne Initiative, mit welcher der junge Staat die Vermessung seiner heimischen Gewässer in Angriff genommen hat.

O. B.